



*Actes des Onzièmes Rencontres
Scientifiques de l'Association pour la
Recherche en Didactique des Sciences
et Technologies*

Marie-Noëlle Hindryckx & Corentin Poffé



LISTE DES SPONSORS



AIPU

Avec le soutien de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire, section Belgique



Fédération Wallonie-Bruxelles

Avec le soutien de la Fédération Wallonie-Bruxelles



Haute École
Galilée

Haute Ecole Galilée

Avec le soutien de la Haute Ecole Galilée



HEL

Avec le soutien de la Haute Ecole de la Ville de Liège



Haute Ecole Léonard de Vinci

Avec le soutien de la Haute Ecole Léonard de Vinci



HELHa

Avec le soutien de la Haute Ecole Louvain en Hainaut



Helmo

Avec le soutien de la Haute Ecole libre Mosane



Haute Ecole Robert Schuman

Avec le soutien de la Haute Ecole Robert Schuman



iacchos

Avec le soutien de l'Institut d'analyse du changement dans l'histoire et les sociétés contemporaines



Loterie nationale

Avec le soutien de la Loterie nationale



ULiège

Avec le soutien de l'Université de Liège



Université catholique de Louvain

Avec le soutien de l'Université catholique de Louvain



Université libre de Bruxelles

Avec le soutien de l'Université libre de Bruxelles

COMITÉ SCIENTIFIQUE

PRÉSIDENTE :

Marie Noëlle Hindryckx (Université de Liège)

MEMBRES :

Brigitte Amory (Haute Ecole Galilée de Bruxelles)
Jean-Marie Boilevin (Université de Bretagne occidentale)
Catherine Boyer (Université de Lille)
Sophie Canac (Université Paris 12)
Sabine Daro (Haute Ecole Libre Mosane de Liège)
Cécile de Hosson (Université de Paris 7)
Myriam De Kesel (Université Catholique de Louvain)
Jérémy Dehon (Université de Namur)
Magali Gallezot (Université de Paris-Sud)
Julie Gobert (Université d'Aix-Marseille)
Bernard Leyh (Université de Liège)
Yann Lhoste (Université de Antilles)
Valérie Munier (Université de Montpellier)
Christian Orange (Université Libre de Bruxelles)
Martine Paindorge (Université de Lorraine)
Lionel Pélissier (Université Toulouse 1)
Jim Plumat (Université de Namur)
Corentin Poffé (Université de Liège)
Didier Villers (Université de Mons)
Frederic Robert (Université Libre de Bruxelles)
Patrick Roy (Haute Ecole pédagogique de Fribourg)
Jérôme Santini (Université Côte d'Azur)

COMITÉ D'ORGANISATION

PRÉSIDENTS :

Jim Plumat (Université catholique de Louvain et Université de Namur)
Thierry Evrard (Haute Ecole De Vinci de Louvain-la-Neuve)

MEMBRES :

Brigitte Amory (Haute Ecole Galilée de Bruxelles)
Françoise Auguste (Haute Ecole de Liège)
Jérémy Dehon (Université de Namur)
Bernadette Lespagnard (Haute Ecole de Liège)
Bernard Leyh (Université de Liège)

TABLE DES MATIÈRES

Liste des sponsors	3
Comité scientifique	7
Comité d'organisation.....	7
Accompagnement d'un enseignant-chercheur physicien par un chercheur en didactique : vers une pratique de l'enseignement interactif	
Développement professionnel à l'université.....	17
Activité d'élèves dans une situation de résolution de problème introduite par la fiction	
Propagation du son dans Star Wars.....	25
Analyse de l'activité des étudiants lors d'une séance de laboratoire	35
Analyse de pratiques d'évaluation dans l'enseignement des sciences à l'école primaire	
Deux études de cas	45
Analyse de séances « ordinaires » intégrant l'histoire des sciences	
Regards croisés sur quatre pratiques enseignantes en sciences et en mathématiques	55
Analyse du discours d'une enseignante de SVT dans le cadre du dispositif de sciences participatives Vigie-Nature École	63
Articuler émotion et raison dans la pensée critique Une nouvelle approche de design inspirée par les neurosciences	71
Au sujet de la « pédagogie active » et des situations-problèmes en sciences de la nature	
Un cas d'étude en formation initiale en Fédération Wallonie-Bruxelles	87
Caractéristiques communes des pratiques d'enseignants de chimie et dimension didactique de leur identité professionnelle	99
Caractéristiques discriminantes de tâches de science selon le niveau socio-economico-culturel et la performance des élèves Exemple des items PISA science 2015.....	109
Choix explicatifs chez les enseignants de physique débutants	
Quand « l'efficience mathématique » s'impose.....	117
Circulation des savoirs et reproblématisation curriculaire du genre <i>Homo</i> en évolution humaine. Et si le chimpanzé appartenait au genre <i>Homo</i> !.....	123
Classer des exercices de mathématiques pour la physique une approche didactique orientée par la conception de ressources.....	131
Comment les élèves-ingénieurs se représentent-ils les futurs ?	139
Comportement d'étudiants effectuant un titrage acide-base, à partir des traces d'activité du logiciel TitrAB	147
Conception d'outils didactiques sur la circulation sanguine	
Une double enquête didactique et historique	155

Conceptions initiales d'enfants de cinq ans sur la décomposition de la matière organique Influence des pratiques de compostage à la maison sur la compréhension des concepts scientifiques en jeu	165
Construction de textes bilans problématisés par une enseignante débutante	
Étude d'une séance portant sur la circulation sanguine	175
De l'utilisation des documents dans une résolution de problème.	
Étude de cas : le principe d'inertie dans une classe de seconde générale.....	185
Développement de l'autonomie des élèves au collège.	
Points de vue d'enseignants de sciences physiques et de mathématiques	195
Développement professionnel au sein d'un groupe de recherche collaborative	
Le cas d'un LÉA travaillant sur les chaînes alimentaires.....	203
Différencier aspects empiriques et théoriques de la mesure : un levier pour l'enseignement et l'apprentissage en physique et en mathématiques ?	209
Différenciation scolaire au sein de groupes d'élèves en activité en physique	
Une analyse en termes d'agentivité et d'action conjointe	219
Éducation à la citoyenneté critique. Contribution de la démarche d'enquête sur des controverses dans deux curriculums de l'enseignement agricole	229
Effet différenciateur des modalités de présentation des savoirs en sciences et conséquences sur la construction des postures des élèves. Etude comparative des scénarios didactiques identifiés lors de séances de sciences observées en cours préparatoire et au cours élémentaire première année	239
Enquête internationale VASI sur la perception de l'investigation à la sortie de l'école primaire et du lycée. Présentation des résultats pour la France	251
Enseignement de la relation matière colorée / structure moléculaire	
Etude de pratiques enseignantes en première S	263
Enseigner la physique-chimie en anglais. Une ingénierie coopérative en lycée	273
Etude de l'impact d'un parcours de formation sur les apprentissages des élèves et les connaissances et pratiques d'enseignants du 1er degré en sciences	
Réflexions sur les modèles de formation	279
Étude des représentations dynamiques microscopiques d'une réaction chimique à l'aide de la technique du slowmation	
Étude transversale auprès d'élèves de grades 9 à 12 en Belgique francophone.....	291
Expérimentation d'un support en éveil scientifique avec de jeunes élèves (5 à 8 ans) en Belgique francophone. Analyse de traces iconiques qui accompagnent les séquences expérimentales.....	299

Favoriser le développement professionnel d'enseignants du primaire au sein d'une Communauté Discursive de Pratiques en sciences	313
Former par le jeu.Le développement des compétences enseignantes à travers un escape game.....	327
Influence de l'entraînement des fonctions exécutives sur la mobilisation des conceptions premières en physique	339
Intérêt pour l'enseignement de la modélisation d'une problématisation historique. Le cas de la reproduction des plantes à fleurs	351
Justifier et prouver en sciences physique : Est-ce si simple pour des élèves ? Une étude de cas en physique en classe de 4ème.	361
L'aide à l'acculturation disciplinaire universitaire. Étude de pratiques enseignantes du supérieur en biologie	373
L'appropriation de modèles précurseurs par des professeurs pour enseigner les sciences en maternelle. Le cas des ombres	383
L'enseignement de l'entropie au premier cycle de l'enseignement supérieur dans la perspective de la théorie du changement conceptuel	395
L'équilibre chimique.Des préconceptions aux différents types d'approche pédagogique : tout un éventail de possibilités	407
L'évanescence des savoirs scolaires. L'exemple de la nutrition des plantes au lycée	417
L'identité professionnelle des enseignants-chercheurs de chimie	425
L'obstacle « récit finaliste » dans les reconstitutions historiques en géologie. Une étude de cas des mises en œuvre de la démarche historique dans les situations de médiation scientifique de la géologie « sur le terrain »	433
La construction du concept de subduction en Terminale S : problématisation des chercheurs et problématisation des lycéens.....	439
La prise en compte de la dimension langagière dans l'évaluation d'écrits explicatifs d'élèves en classe de sixième.....	451
Le forum EDP: Un corpus pour une analyse didactique compréhensive du curriculum effectif de Sciences et Technologie au cycle 3.....	461
Le modèle des deux mondes, un outil pour l'analyse réflexive d'une pratique enseignante à l'université.Le cas de l'enseignement de la physique de l'escalade.....	473
Le numérique, un outil pour développer les compétences argumentatives sur des Questions Socio-Scientifiques ?	483

Les analyses langagières au service de l'étude des tâches complexes : quels apprentissages ? quelles pratiques d'enseignement ? La relation mère-fœtus via le placenta et hygiène de la grossesse en classe de 4e	491
Les sciences citoyennes, des projets prometteurs pour la mise en œuvre de démarches d'in- vestigation scientifique à l'école ? L'exemple du projet Oak Bodyguards.....	503
Les visions de la formation portées par les masters MEEF 2 PLC SVT	
Analyse exploratoire	513
Méta-conception d'un jeu pour aborder l'évolution du vivant en classe	527
Mise en dialogue de 2 cadres d'analyse didactique des interactions langagières dans l'étude des processus de sémiotique, lors d'un débat en classe de biologie à l'école primaire	539
Mobilisation de la dérivée en cinématique : Modélisation et registres sémiotiques.....	555
Modélisation schématique en chimie : une étude de l'évolution des compétences au cours de l'enseignement secondaire belge francophone et germanophone	563
Notion d'accélération et outil vecteur. Une ingénierie didactique fondée sur l'étude de la chute libre	573
Participation à une communauté d'apprentissage en formation initiale : retombées sur les pratiques de futurs enseignants en éveil scientifique	581
« Paysage conceptuel » de l'évolution : un outil pour la formation des enseignants	593
Place des écrits pour penser en sciences à l'école maternelle	
De la prise de conscience à un changement de pratique ?	601
Pratiques de chercheurs en agroécologie. Quelles transpositions didactiques possibles ?	609
Pratiques déclarées d'enseignants concernant la modélisation de l'écoulement interne d'un fluide. Cas d'enseignants de premier cycle universitaire en France et aux États-Unis.....	617
Praxéologies de la réfraction de la lumière :	
analyse comparée en lycée général et professionnel.	627
Préconceptions méthodologiques et formalisme du domaine de validité	
Analyse des erreurs d'étudiants en résolution de circuits électriques	637
Processus de co-conception dans le cadre d'une recherche collaborative. Le cas de ressources numériques innovantes pour l'enseignement et l'étude de l'astronomie au cycle 3 de l'école primaire.....	651
Quand la fonction sociale d'un objet du quotidien donne à voir un phénomène didactique significatif : L'exemple de l'haltère	659
Reconnaître les savoirs en jeux dans les Questions Socialement Vives	
Le cas français de l'obligation vaccinale	667

Registre explicatif d'élèves de collège à propos du concept « force » avant et après enseignement au Bénin.....	673
Réguler l'activité dans le contexte des démarches d'investigation en sciences à l'école primaire française. Le rôle des intentions.....	681
Représentations d'élèves sur le physicien et l'observation la transition géo-héliocentrique en classe de terminale scientifique	693
Transposition de la démarche expérimentale dans un environnement numérique de support. LabNbook, de la caractérisation didactique à l'utilisation en situation écologique	705
Transposition didactique en contexte de jeu. Etude d'un jeu numérique sur l'Anthropocène. pour une visite scolaire de musée.....	717
Travaux pratiques en chimie à l'université : Confrontation des objectifs des concepteurs aux instructions écrites adressées aux étudiants	725
Un jeu de rôle pour la scolarisation d'une question socioscientifique. La question des énergies renouvelables	735
Un nouvel outil d'appui à la réussite des étudiants en 1ère année de l'Université en Belgique. Le suivi personnalisé	751
Une expérimentation concernant l'étude des changements de référentiels La cognition incarnée au service de l'apprentissage de la cinématique.....	761
Visites familiales, visites scolaires au musée d'histoire naturelle. Questionnements didactiques sur l'expérience de visite.....	769

INDEX DES AUTEURS

- Ahouassa Médard, 673-680
Arnantonaki Danai, 383-393
Badin Flora, 451-460
Barrué Catherine, 735-749
Baylac-Paouly Baptiste, 667-672
Ben Kilani Chiraz, 99-107
Beuve François-Xavier, 351-360
Blanquet Estelle, 251-262
Blat Muriel, 681-691
Boilevin Jean-Marie, 165-174, 195-202, 383-393, 681-691
Boivin-Delpieu Géraldine, 651-657
Bonnat Catherine, 717-724
Bosdeveix Robin, 63-70
Brandt-Pomares Pascale, 527-538
Briaud Philippe, 361-371
Bruguiere Catherine, 203-208
Buverte Maria, 461-471
Bächtold Manuel, 279-289, 483-489
Bécu-Robinault Karine, 25-34, 185-193
Canac Sophie, 55-62, 725-733
Cancian Nadia, 229-238, 609-616
Castagneyrol Bastien, 503-511
Castera Jérémy, 527-538
Caussarieu Aude, 131-137
Chalak Hanaà, 175-183
Charles Frédéric, 203-208
Cheneval-Armand Hélène, 527-538
Chesnais Aurelie, 209-217
Chorlay Renaud, 55-62
Cohen-Azria Cora, 769-775
Coiffard-Marre Claire, 527-538
Coupaud Magali, 527-538
Courdent Albine, 327-338
Craustes Clement, 617-625
Crepin-Obert Patricia, 55-62, 63-70, 155-163
Cross David, 219-227, 279-289
D'ham Cédric, 147-154, 705-716
Dahmouche Hichem, 87-98
Daussy Christophe, 17-24
De Hosson Cécile, 473-481
Decamp Nicolas, 55-62, 627-636, 761-767
Decroix Anne-Amandine, 327-338
Dedieu Laurence, 601-608
Dehon Jérémy, 291-298
Delserieys Alice, 527-538
Derniaux Catherine, 761-767
Derolez Séverine, 25-34
Derradj Coralie, 185-193
Dessart François, 433-438
Di Fabio Alice, 573-580
Duclos Mylène, 109-115
Ducrey Monnier Mylène, 45-53
El Hage Suzane, 195-202
Elias Florence, 473-481
Eltaief Maroua, 439-449
Feydel Pierre, 491-502
Fontanieu Valérie, 109-115
Fortin Corinne, 63-70, 123-130
Fuchs-Gallezot Magali, 513-526
Girault Isabelle, 147-154, 705-716
Gobert Julie, 527-538
Grenier Damien, 735-749
Grimault-Leprince Agnès, 165-174
Gueudet Ghislaine, 195-202
Guillou-Kerédan Hélène, 239-250
Haan Denis, 313-326
Herve Nicolas, 139-146, 609-616
Hindryckx Marie-Noëlle, 581-591
Huez Juliette, 139-146
Jameau Alain, 273-278, 681-691
Jaubert Martine, 239-250, 451-460
Javoy Sandra, 55-62, 725-733

Jegou Corinne, 527-538
 Joffredo-Lebrun Sophie, 195-202
 Journaux Nicolas, 693-703
 Karous Hamad, 563-572
 Kermen Isabelle, 55-62, 263-271, 725-733
 Khanfour-Armalé Rita, 425-432
 Küll Claudia, 313-326
 Le Hebel Florence, 109-115
 Le Henaff Carole, 273-278
 Lebrun Nathalie, 17-24
 Lederman Judith, 251-262
 Lederman Norman, 251-262
 Lefebvre Letty, 299-312
 Lepareur Céline, 45-53, 279-289
 Leyh Bernard, 395-406, 563-572
 Lhoste Yann, 239-250, 439-449, 451-460, 539-554
 Ligozat Florence, 659-666
 Lipp Amélie, 229-238
 Lombard François, 71-85
 Lucas Arnaud, 627-636
 Marchal-Gaillard Valérie, 165-174
 Marchi Sabrina, 527-538
 Marlot Corinne, 45-53, 313-326, 539-554
 Martinez Barrera Luz Helena, 627-636
 Marty Laurence, 659-666
 Marzin Janvier Patricia, 165-174, 503-511, 705-716
 Maurines Laurence, 617-625, 693-703
 May Amel, 555-562
 Melin Corentin, 263-271
 Merminod Marie, 71-85
 Mobers Charly, 339-349
 Molvinger Karine, 279-289
 Montpied Pascale, 109-115
 Moucheron Cécile, 407-415
 Morin Olivier, 667-672
 Munier Valérie, 209-217, 279-289, 483-489
 Natalis Vincent, 395-406
 Nihant Brigitte, 563-572
 Oke Eugène, 673-680
 Orange-Ravachol Denise, 439-449, 451-460
 Pallares Gabriel, 483-489
 Panissal Nathalie, 609-616
 Paukovics Elsa, 717-724
 Paulin Fabienne, 593-600
 Pelé Maud, 155-163
 Perron Séverine, 503-511, 659-666
 Picholle Eric, 251-262
 Picron Céline, 35-43
 Plumet Jim, 339-349
 Plé Elisabeth, 601-608
 Poffé Corentin, 581-591
 Rassaa Kaouther, 555-562
 Rassaa Neila, 555-562
 Ravanis Konstantinos, 383-393
 Rebière Maryse, 451-460
 Regad Leslie, 63-70
 Riat Christine, 659-666
 Rigo Pierre, 751-759
 Robert Frédéric, 637-650
 Rollinde Emmanuel, 761-767
 Rotenberg Miguel, 527-538
 Rouquet Francis, 417-424
 Roux Camille, 55-62, 63-70
 Roy Patrick, 313-326
 Régent-Kloeckner Myriam, 373-382
 Sanchez Eric, 717-724
 Schneeberger Patricia, 451-460, 491-502
 Schneider Daniel, 71-85
 Sommeillier Raoul, 637-650
 Simon Justine, 291-298
 Snauwaert Philippe, 35-43, 291-298
 Staelens Marie, 407-415
 Theunissen Renaud, 637-650
 Tiberghien Andrée, 109-115, 219-227
 Tortochot Eric, 527-538
 Turpin Sébastien, 63-70
 Vanhoolandt Cédric, 339-349
 Viennot Laurence, 117-121
 Wajeman Claire, 147-154, 705-716
 Weiss Laura, 71-85

ACCOMPAGNEMENT D'UN ENSEIGNANT-CERCHEUR PHYSICIEN PAR UN CHERCHEUR EN DIDACTIQUE : VERS UNE PRATIQUE DE L'ENSEIGNEMENT INTERACTIF DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL À L'UNIVERSITÉ

Christophe Daussy¹, Nathalie Lebrun^{2,3},

1 : Laboratoire de Physique des Lasers, Institut Galilée, Université Sorbonne Paris Cité (USPC),
université Paris 13, CNRS : UMR7538

2 : Université de Lille 1 Sciences et Technologies Université de Lille 1

3 : Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR) Université Paris VII - Paris Diderot : EA4434

Résumé : Nous présentons un accompagnement associant techno-pédagogie et didactique disciplinaire, conduit par un chercheur en didactique de la physique auprès d'un enseignant-chercheur physicien, vers une pratique de l'enseignement interactif instrumenté avec des boîtiers de vote. Après avoir situé notre travail dans le cadre du processus Scholarship of Teaching and Learning (SoTL), nous exposons nos choix d'accompagnement, notamment guidés par l'hypothèse qu'une acculturation aux résultats de la recherche en didactique de la physique peut être mise au service du développement professionnel des enseignants-chercheurs. Nous définissons trois indicateurs d'impact de notre travail : l'appropriation de nouvelles ressources, la mobilisation d'une activité réflexive et enfin, une démarche d'échange et de communication. Les traces d'une forme de développement professionnel de l'enseignant-chercheur sont ensuite présentées et discutées.

Mots-clés : enseignement supérieur, enseignement de la physique, développement professionnel, SoTL, enseignement par les pairs

SUPPORT OF A PHYSICS LECTURER BY A DIDACTICS RESEARCHER: TOWARDS A PRACTICE OF INTERACTIVE TEACHING PROFESSIONAL DEVELOPMENT AT UNIVERSITY

Abstract: We present a techno-pedagogical and didactical support conducted by a researcher in didactic physics with a physics lecturer towards a practice of interactive teaching with an electronic voting system. After an introduction to our work, developed in the framework of the Scholarship of Teaching and Learning (SoTL) process, we present our choices of support. They are based on the assumption that an acculturation in physics education can be useful for professional development of lecturers. We define three indicators of the impact of our work: the receptivity of new resources, a reflective activity and finally an interaction and communication approach. Evidence of a professional development of the lecturer are then presented and discussed.

Keywords: higher education, physics education, professional development, SoTL, peer instruction

INTRODUCTION

L'efficacité du système d'enseignement supérieur est régulièrement questionnée, depuis ses objectifs, ses moyens ou son organisation, jusqu'aux pratiques enseignantes ou encore, la formation des enseignants-chercheurs. En France, depuis quelques années les politiques se sont emparés de la question des pratiques enseignantes et ont favorisé le développement d'actions de formation et d'accompagnement professionnel des enseignants du supérieur¹. Ces actions, menées par les services universitaires de pédagogie, favorisent les pédagogies innovantes basées sur l'interaction en classe tout en s'appuyant, par exemple, sur des outils numériques (accompagnement techno-pédagogique) mais n'intègrent que très rarement une approche disciplinaire de la transmission du savoir (accompagnement didactique disciplinaire). C'est dans ce contexte que nous avons mis en œuvre l'accompagnement, par un chercheur en didactique de la physique, d'un enseignant-chercheur (EC) physicien vers l'enseignement interactif (EI) instrumenté par des boîtiers de vote. Cette première expérimentation a été menée dans le cadre d'un enseignement de thermodynamique en école d'ingénieurs. Dans notre étude, centrée sur la transmission des savoirs du côté enseignant, nous nous appuyons sur les résultats de la recherche en didactique de la physique et considérons les boîtiers de vote comme un simple outil pour faire vivre l'EI.

L'accompagnement présenté ici a été conçu dans le cadre du processus Scholarship of Teaching and Learning (SoTL). Nous supposons qu'une approche basée sur une acculturation aux résultats de la recherche en didactique disciplinaire peut favoriser le processus de développement professionnel des EC. Après une présentation de l'accompagnement mis en œuvre, nous cherchons à analyser les traces d'une forme d'impact de celui-ci au travers de plusieurs indicateurs : l'appropriation de nouvelles ressources, la mobilisation d'une activité réflexive et enfin, une démarche d'échange et de communication.

LE CONTEXTE DU SCHOLARSHIP OF TEACHING AND LEARNING

Le SoTL est un modèle de développement professionnel des EC vers une plus grande expertise en matière d'enseignement. Nous entendons par développement professionnel « un processus de transformations individuelles et collectives des compétences et des composantes identitaires mobilisées ou susceptibles d'être mobilisées dans des situations professionnelles » (Brau-Antony, 2015, citant Barbier, Chaix & Demailly (1994)). Initié par les travaux de Boyer (1990), le SoTL repose sur une démarche de questionnement des apprentissages des étudiants, d'actions et leur évaluation et de diffusion des résultats obtenus avec pour objectif, une amélioration des pratiques enseignantes dans le supérieur. L'EC est amené à transposer les normes et exigences qu'il applique dans son métier de chercheur à sa pratique enseignante en la faisant évoluer, en analysant avec rigueur son impact sur l'apprentissage et en partageant son expérience avec ses collègues. L'EC devient expert en enseignement au même titre qu'il l'est dans sa discipline de recherche.

McKinney (2010) établit trois phases au SoTL : « Good teaching » (un bon enseignant), « Scholarly teaching » (un enseignement rigoureux et réflexif) et « Scholarship of Teaching and Learning » (expertise en enseignement et apprentissage). Adoptant le croisement entre postures et accompagnement proposé par Biémar, Daele, Malengrez & Oger (2015), nous situons notre

1 Dans l'arrêté du 8 février 2018, le MESRI fixe « le cadre national de la formation visant à l'approfondissement des compétences pédagogiques des maîtres de conférences stagiaires ».

travail entre les niveaux « Good teaching » et « Scholarly teaching », avec une évolution de posture de l'EC de « praticien réfléchi » vers celle de « praticien réflexif » (Donnay & Charlier, 2008). Biémar, Daele, Malengrez & Oger (2015) y associent des gestes d'accompagnements adaptés définis par Bélanger (2010) :

- Praticien réfléchi » : activités de réflexion sur l'enseignement-apprentissage, intégrant les connaissances en pédagogie, sciences de l'éducation ou didactique. Un partage avec les pairs ;
- Praticien réflexif » : activités d'investigation sur les pratiques de l'EC avec une recherche d'analyse d'impact sur l'apprentissage des étudiants. La diffusion des résultats par des communications dans des congrès ou revues scientifiques.

Nos choix d'accompagnement s'inscrivent dans ce cadre d'analyse.

NOS CHOIX D'ACCOMPAGNEMENT

Nous faisons l'hypothèse qu'une acculturation aux résultats de la recherche en didactique de la physique peut être mise au service du développement professionnel des enseignants (Brau-Antony, 2015) et peut favoriser leur intégration dans un processus SoTL. Ce travail d'acculturation, conduit par un chercheur en didactique disciplinaire, s'appuie sur l'approche de l'identité professionnelle d'enseignants du supérieur menée par de Hosson, Décamp, Morand & Robert (2015) : « l'identité professionnelle de l'enseignant-chercheur, dans son métier d'enseignant, est marquée par son attachement au savoir de sa discipline : la physique » et « tout se passe comme si l'enseignant-chercheur puisait dans son identité de chercheur les ressources pour bien enseigner ». Notre démarche s'inscrit aussi dans la continuité des travaux de Lebrun & de Hosson (2017) lorsqu'elles envisagent en perspective « des actions de formation plaçant les EC dans une démarche de construction de scénarios pédagogiques prenant en compte les résultats de la recherche en didactique ».

L'EC interrogé, avant l'expérimentation, souhaite rendre ses étudiants plus actifs en sortant d'un mode d'enseignement purement transmissif encore largement dominant dans l'enseignement supérieur français. Notant son intérêt marqué pour la compréhension des modes de raisonnement de ses étudiants et les outils permettant de les inférer, nous avons choisi de l'accompagner vers l'EI instrumenté par des boîtiers de vote. Dans ce travail de recherche, nous considérons les boîtiers de vote comme un outil. Nous nous centrons sur l'impact de l'enseignement interactif sur la transmission des savoirs du côté enseignant, en nous appuyant sur les modes de raisonnement des élèves et étudiants issus de la littérature. Dans son ouvrage de référence, Mazur (1997) donne le cadre d'un enseignement interactif, la « peer instruction », qui repose essentiellement sur l'interaction entre élèves (débats en petits groupes) autour de questions conceptuelles (questions à choix multiples (QCM)). Dans ce contexte, les notions d'assimilation et d'accommodation qui conduisent ensuite aux idées d'ajustement, de transformation et d'adaptation développées par Piaget, invitent à porter une attention particulière aux conceptions alternatives des élèves². En effet, si l'on considère ces conceptions comme bases sur lesquelles peuvent potentiellement se construire les processus d'accommodation, il est alors essentiel d'en tenir compte lors de l'élaboration des QCM qui servent d'amorce aux débats entre pairs. Ce modèle a donc été proposé à l'EC comme source d'inspiration pour expérimenter

² Nous retenons ici comme définition de « conception » celle donnée par Lebrun & Hosson (2017) : « une conception résulte d'un travail de reconstruction du chercheur en didactique » mise au jour en engageant des situations variées. Elles sont « « efficaces » parce qu'auto-cohérentes, et également stables », et sont attribuées à une « communauté de pensée ».

des moments d'EI (intégrés à un enseignement au format qualifié de classique), en supposant que cette nouvelle pratique soit un cadre propice pour l'acculturation de l'EC aux conceptions de ses étudiants. Nous nous sommes également appuyés sur le travail de Lebrun & de Hosson (2017) qui ont montré qu'une démarche de repérage des conceptions d'étudiants par des EC de physique, face à un test conceptuel de type QCM développé par des chercheurs, pouvait constituer un pas vers l'enrichissement de leurs connaissances professionnelles didactiques. Ce travail s'inscrit dans le contexte français d'une lente et difficile diffusion des résultats de la recherche en didactique auprès de la communauté des enseignants universitaires. Les modes de raisonnement des élèves et étudiants, sujet largement étudié et documenté dans la littérature par les chercheurs en didactique, reste aujourd'hui encore méconnu et rarement mobilisé par les enseignants universitaires. Il est ainsi à noter qu'avant ce travail de recherche, aucune pratique enseignante en sciences expérimentales reposant sur le modèle de l'EI n'a été identifiée au sein de l'établissement universitaire d'exercice de l'EC accompagné.

Nous cherchons ici à analyser l'impact de notre travail au travers de trois indicateurs directement issus des gestes d'accompagnement adaptés aux différentes postures de l'EC :

- l'appropriation de ressources technologiques, pédagogiques et didactiques (Brau-Antony, 2015) que nous associons au « praticien réfléchi » ;
- la mobilisation d'une activité réflexive (Brau-Antony, 2015) que nous associons au « praticien réflexif » ;
- l'engagement dans une démarche d'échange et de communication que nous associons à la fois au « praticien réfléchi » et au « praticien réflexif ».

L'appropriation de ressources sera recherchée au travers de traces d'appropriation de l'outil de vote (technologique), de la méthode de mise en œuvre de la « peer instruction » (pédagogique) et de la notion de conception (didactique). La mobilisation d'une activité réflexive sera recherchée dans le sens que l'EC donne à l'EI. Enfin, l'engagement dans une démarche d'échange et de communication sera recherché dans les signes d'ouverture vers les pairs.

PRÉSENTATION DE L'ACCOMPAGNEMENT

Nous avons accompagné l'EC de physique durant 6 mois dans le cadre d'un enseignement de thermodynamique de première année de cycle préparatoire d'école d'ingénieurs. Notre travail n'a pas été présenté à l'EC comme s'intégrant dans un processus de développement professionnel, mais simplement comme un moyen pour lui d'expérimenter une nouvelle pratique enseignante centrée sur la compréhension de ses élèves.

Notre approche laisse une grande liberté à l'EC : appropriation autonome des ressources et libre choix dans la mise en œuvre de l'EI. Nous lui avons proposé des articles de recherche sur les modes de raisonnement des élèves en thermodynamique (Rozier & Viennot, 1990) et la mise en œuvre de l'EI dans le cadre de la « peer instruction » (Deslauriers, Schelew & Wieman, 2011 ; Vickrey, Rosploch, Rahmanian, Pilarz & Stains, 2015). Nous avons ensuite échangé avec l'EC sur ses lectures, puis nous lui avons fourni des exemples de questions conceptuelles (Mazur, 1997) pour l'aider dans l'élaboration de ses propres QCM. Une prise en main des boîtiers de vote a été organisée. Notons que, même si de nos jours les boîtiers de vote fournis par l'institution sont souvent remplacés par le téléphone portable des étudiants, l'usage de l'outil reste inchangé. Dans le cadre de ce travail, qui n'est pas centré sur l'utilisation de la technique de collecte des votes, l'outil proposé à l'EC a simplement reposé sur la solution disponible au

sein de son établissement au moment de l'accompagnement (le système QuizBox Campus).

À la suite de son expérimentation, nous lui avons fait passer deux entretiens semi-directifs : un premier juste après son enseignement afin de collecter ses premières impressions sur la phase d'accompagnement et sur sa mise en œuvre de l'EI, puis un second entretien quelques mois plus tard pour explorer son degré de réflexion sur sa nouvelle pratique. Nous présentons dans la partie suivante les principaux éléments révélant, selon nous, d'une forme d'impact de l'accompagnement dans le processus de développement professionnel de l'EC.

RÉSULTATS ET ANALYSE DE L'IMPACT

L'APPROPRIATION DE RESSOURCES TECHNO-PÉDAGOGIQUES ET DIDACTIQUES

Selon l'EC interrogé, l'accompagnement lui a permis de lever une forme de blocage. Il dit s'intéresser depuis longtemps à la compréhension de ses étudiants sans pour autant être capable de la prendre en compte dans son enseignement : « J'étais toujours un peu prisonnier de cette idée que le TD doit préparer à l'examen et que l'examen c'est un problème, des questions « démontrer que... » ». L'appropriation des boîtiers de vote et de la « peer instruction » lui a permis de recentrer son enseignement sur la compréhension des concepts : « ça m'a permis de me dire, là j'ai l'outil qui me permet vraiment de le faire ». L'enseignant a pris explicitement comme référence le cadre de mise en œuvre de l'EI présenté en conclusion de l'article de revue de Vickrey, Rosploch, Rahmanian, Pilarz & Stains (2015), article qui a fait l'objet d'une analyse critique très détaillée avec l'EC au cours de l'accompagnement.

L'EC évolue dans sa définition de conception, passant d'une problématique centrée sur le vocabulaire vers des questionnements sur les modes de raisonnement. Au cours du premier entretien après son expérimentation de l'EI, il montre une vision claire et en accord avec la littérature qui lui a été proposée sur la nature d'une « bonne question » pour inférer les conceptions des élèves. L'EC a également su analyser des QCM conceptuels de thermodynamique élaborés par des chercheurs en didactique. Les questionnements et parfois les difficultés qu'il dit avoir dû surmonter pour concevoir des QCM pertinents (notamment dans le choix des distracteurs) ont certainement participé à cette appropriation. Analysant une question conceptuelle qu'il a conçue pour son EI, il explique les raisonnements qu'il souhaite mobiliser pour l'invalidation de deux distracteurs : « au départ le système est isolé [gaz parfait dans un réservoir aux parois adiabatiques], son énergie va se conserver mais dès que je rajoute quelque chose à l'intérieur [un objet chaud] le système n'est plus le même, il a gagné de l'énergie. On n'est plus dans un système isolé » (distracteur 1). Ensuite « Ils doivent se demander si quand je perds 5°C d'un côté [objet], le gaz va forcément augmenter de 5°C ». Non, car « la différence de température ne se conserve pas » (distracteur 2). Enfin, le raisonnement validant la réponse exacte : « c'est l'équilibre thermique donc tout le monde doit être à la même température [...], la pièce métallique est à 75°C donc le gaz est à 75°C ». « Et là ils doivent penser : il y a la capacité thermique qui va entrer en jeu [...] pour dire j'ai une capacité thermique de 2 kJ/kg, [...] vu que la pièce a diminué de 5°C donc ça veut dire qu'elle a perdu 10 kJ ».

LA MOBILISATION D'UNE ACTIVITÉ RÉFLEXIVE

Lors du second entretien après enseignement, l'EC analyse son EI comme une façon « de remettre les étudiants au centre du processus », de « les faire participer activement » avec comme

objectif « de faire passer des concepts et pas simplement des méthodes ». Il montre une activité réflexive globale questionnant la cohérence de sa pratique enseignante au regard du principe d'alignement pédagogique. Il souhaite faire évoluer l'organisation de ses TD vers plus d'interactivité entre étudiants, en les faisant travailler à la résolution collective de problèmes par petits groupes. Il indique également réfléchir à une évolution de ses évaluations : « Maintenant, je vais faire des partiels où il y aura moitié concepts, moitié calculs et où je vais poser des questions comme ça [QCM conceptuels]. La séance interactive aura été une préparation à ce genre de réflexion ».

L'ENGAGEMENT DANS UNE DÉMARCHE D'ÉCHANGE ET DE COMMUNICATION

Au terme de l'accompagnement, l'EC a poursuivi sa pratique de l'EI dans le cadre d'un nouvel enseignement d'électromagnétisme. Il rapporte avoir développé des échanges entre pairs autour des conceptions des étudiants en électromagnétisme, conceptions qu'il dit mal connaître. Nous interprétons cette démarche comme un prolongement du travail d'acculturation didactique, lorsque nous l'avons accompagné dans l'analyse d'exemples de modes de raisonnement erronés en thermodynamique, autour des travaux de Viennot (1996) et Rozier & Viennot (1990). Il a également partagé les résultats de son expérience lors d'une conférence avec des chimistes de l'Université de Bordeaux qui s'engagent dans l'EI et souhaite développer ce type d'échanges dans son établissement dans différents domaines de la physique, en impliquant notamment les nouveaux maîtres de conférences et les doctorants. Par ailleurs, il ressent le besoin d'une synthèse des modes de raisonnement des étudiants, accompagnée de banques de QCM (en français) adaptées à l'EI. Il se dit être très motivé pour contribuer à la rédaction d'un tel ouvrage.

CONCLUSION

L'impact de l'accompagnement a été analysé et met en évidence les traces d'un développement professionnel de l'EC. Au terme de ce travail, celui-ci montre les signes d'une posture de « praticien réflexif ». Quelques mois après l'accompagnement, les ressources de nature techno-pédagogique ne sont plus au centre de ses préoccupations : les réflexions, les interactions et les questionnements qui persistent relèvent presque exclusivement du champ de la didactique avec une volonté de partager entre pairs. L'ensemble de ces résultats tendent à valider la forme d'accompagnement retenue, guidée par l'hypothèse qu'une acculturation aux résultats de la recherche en didactique disciplinaire (ici, de la physique) peut être mise au service du développement professionnel des enseignants et favoriser leur intégration dans un processus SoTL. Notre travail d'acculturation repose sur une adhésion forte de l'EC. L'identification de résultats de recherche trouvant un écho auprès de l'EC (ici les modes de raisonnement des étudiants) nous semble donc un élément déterminant dans l'efficacité de l'accompagnement. Nous pensons enfin que le choix d'un accompagnement laissant une appropriation autonome des ressources et un réel choix dans la mise en pratique (ici de l'EI) permet de préserver une forme de liberté pédagogique, revendiquée par les EC, tout en favorisant un développement professionnel vers plus d'autonomie et d'expertise en enseignement apprentissage.

Sur la base des gestes d'accompagnements adaptés au « praticien réflexif » dans son processus de développement professionnel, définis par Bélanger (2010), cette première expérimentation pourrait être enrichie par l'accompagnement de l'EC dans une recherche d'analyse d'impact de cette nouvelle pratique sur l'apprentissage de ses étudiants. Une telle étude pourrait, par exemple, consister à étudier deux groupes d'étudiants de la même promotion, un groupe « test » suivant l'EI et un groupe « témoin » suivant un enseignement classique. L'impact de l'EI

sur l'apprentissage pourrait notamment être analysé sur la base des résultats des étudiants à des tests conceptuels de type QCM (issus de la recherche en didactique de la physique) passés avant puis après enseignement. Enfin, en perspective, nous projetons de mettre à l'épreuve dans d'autres contextes (pratiques enseignantes, disciplines de la physique et phases du SoTL) cette forme d'accompagnement associant à la fois techno-pédagogie et acculturation aux résultats de recherche en didactique disciplinaire.

BIBLIOGRAPHIE

- Barbier, J. M., Chaix, M. L. & Demailly, L. (1994). Éditorial Recherche et développement professionnel. *Recherche et Formation*, 17, 5–8.
- Bélanger, C. (2010). Une perspective SoTL au développement professionnel des enseignants au supérieur : Qu'est-ce que cela signifie pour le conseil pédagogique ? *The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 1(2). <https://doi.org/10.5206/cjsotl-rcacea.2010.2.6>
- Biémar, S., Daele, A., Malengrez, D. & Oger, L. (2015). Le « Scholarship of Teaching and Learning » (SoTL). Proposition d'un cadre pour l'accompagnement des enseignants par les conseillers pédagogiques. *RIPES*, 31(2), 1–21.
- Boyer, E. (1990). *Scholarship reconsidered: Priorities for the professoriate*. Princeton, NJ, Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, University of Princeton.
- Brau-Antony, S. (2015). Recherche en didactique et développement professionnel d'enseignants d'Éducation physique et sportive. *Éducation Et Didactique*, 9(1), 107–118. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2185>
- de Hosson, C., Décamp, N., Morand, É. & Robert, A. (2015). Approcher l'identité professionnelle d'enseignants universitaires de physique : un levier pour initier des changements de pratiques pédagogiques. *Recherches En Didactique Des Sciences et Des Technologies*, 11(Les cadres théoriques et méthodologiques), 161–196. <https://doi.org/10.4000/rdst.1014>
- Deslauriers, L., Schelew, E. & Wieman, C. (2011). Improved learning in a large-enrollment physics class. *Science*, 332(6031), 862–864. <https://doi.org/10.1126/science.1201783>
- Donnay, J. & Charlier, E. (2008). *Apprendre par l'analyse de pratiques: Initiation au compagnonnage réflexif. (Nouvelle édition revue et augmentée)*. Namur : Presses universitaires de Namur.
- Lebrun, N. & de Hosson, C. (2017). Repérer des conceptions d'étudiants : un pas vers l'enrichissement des connaissances professionnelles didactiques d'enseignants - chercheurs de physique. *Recherches En Didactique Des Sciences et Des Technologies*, 15, 59–96. Retrieved from <http://journals.openedition.org/rdst/1489>
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. (Upper Saddle River; New Jersey 07458, Ed.) (PRENTICE H). Prentice Hall.
- Autres ressources : <https://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-01-unified-engineering-i-ii-iii-iv-fall-2005-spring-2006/thermo-propulsion/thermodoclist/> ; <http://www.learncheme.com/> ; <http://assessment.aaas.org/topics>
- McKinney, K. (2010). *Enhancing learning through the scholarship of teaching and learning: The challenges and joys of juggling*. 139. John Wiley & Sons.
- Rozier, S. & Viennot, L. (1990). Students' reasoning in thermodynamics. *Internatio-*

- nal Journal of Science Education*, 8(1), 3–18.
- Vickrey, T., Rosploch, K., Rahmanian, R., Pilarz, M. & Stains, M. (2015). Research-Based Implementation of Peer Instruction : A Literature Review. *CBE—Life Sciences Education*, 14, 1–11. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-11-0198>
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique : la part du sens commun*. De Boeck Supérieur.

ACTIVITÉ D'ÉLÈVES DANS UNE SITUATION DE RÉSOLUTION DE PROBLÈME INTRODUITE PAR LA FICTION PROPAGATION DU SON DANS STAR WARS

Séverine Derolez¹, Karine Bécu-Robinault¹

1 : Interactions, Corpus, Apprentissages, Représentations (ICAR)
École Normale Supérieure - Lyon, Université Lumière - Lyon 2, Ecole Normale Supérieure
Lettres et Sciences Humaines, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5191

Résumé : Cette communication concerne les activités d'un groupe d'élèves de collège lors d'une séance de résolution d'un problème conçue lors d'un projet collaboratif de recherche. Cette séance concerne la propagation du son et s'appuie sur le visionnage d'un extrait de film de science-fiction (Star Wars). Deux cadres théoriques sont mobilisés et combinés pour analyser la situation conçue et les activités des élèves : la théorie des mondes possibles et le cadre épistémologique-sémiotique. Les contenus sont représentés par des modes sémiotiques fonctionnant dans des mondes identifiés. Notre analyse des relations entre ces mondes indique que l'utilisation de la fiction dans le cadre de la résolution de problèmes apporte des éléments complémentaires, source d'obstacles ou de réflexions aux modèles habituellement travaillés en classe de physique au collège.

Mots-clés : résolution de problème, physique, récit, fiction

ACTIVITY OF PUPILS IN A SITUATION OF PROBLEM SOLVING INTRODUCED BY FICTION SOUND PROPAGATION IN STAR WARS

Abstract : This communication concerns the activities of a group of middle school students in a problem-solving session designed during a collaborative research project. This session is about sound propagation and is based on the viewing of an excerpt from a science fiction film (Star Wars). Two theoretical frameworks are mobilized and combined to analyze the designed situation and the students' activities: the theory of possible worlds and the epistemological-semiotic framework. The contents are represented by semiotic modes operating in identified worlds. Our analysis of the relations between these worlds indicates that the use of fiction in problem solving brings complementary elements, source of obstacles or reflections, to the models usually worked on in physics class in the middle school.

Keywords : problem solving, physics, narrative, fiction

CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Notre étude s'inscrit dans un projet collaboratif et pluricatégoriel de recherche interdisciplinaire intitulé « résolution de problème en physique du collège à l'Université » (financement : UMS LLE et Institut Carnot de l'Éducation AURA). Cette étude s'intéresse à l'activité des élèves de collège lors d'une résolution collective d'un problème sur la propagation du son, s'appuyant sur le visionnage d'un extrait de film de science-fiction. Le projet a été conduit dans une perspective proche de la Design-Based Research (Design-Based Research Collective, 2003), permettant de produire par itérations successives, du matériel pédagogique véhiculant des résultats de la recherche et de les mettre à l'épreuve de la pratique. Cette situation a été élaborée par des enseignants utilisant un guide de conception mobilisant un ensemble de critères issus de précédentes recherches (Bécu-Robinault *et al.*, 2018 ; Derradj *et al.*, 2018). Nos analyses s'appuient plus particulièrement sur deux cadres théoriques qui ont été combinés.

CADRES THÉORIQUES POUR L'ANALYSE DES ACTIVITÉS DES ÉLÈVES

Le premier cadre théorique est celui des mondes possible (MP). Un monde possible (Lewis, 1978) est un univers logiquement possible, une variante concevable du cours réel des choses. Parmi la pluralité des mondes possibles, l'un est le monde actuel du contexte d'énonciation (Murzilli, 2012), un autre est celui de la fiction (Doležel, 1998). L'élève se construit une image mentale du monde de la fiction, peut y réfléchir et faire part de son expérience, de la même manière qu'il s'approprie le monde réel par l'expérience (pour en faire son monde actuel). La fonction de saturation contrôle la densité, la structure et la distribution de ce monde fictif. Selon cette hypothèse, la texture du texte fictif est de trois types : explicite, implicite et de niveau zéro. Cette division sépare la structure du monde fictif en trois domaines : déterminé, indéterminé et gap (l'espace des lacunes). Nous mobilisons la théorie des mondes possibles pour comprendre le monde de la fiction Star Wars construit par les élèves, en fonction des éléments de textures donnés aux élèves (explicites), ou qu'ils possèdent par ailleurs (implicites), avec notre monde réel et le monde réel actualisé par l'expérience en classe (monde actuel).

Le deuxième cadre théorique concerne la modélisation, activité épistémologique constitutive de la physique, définie comme la recherche de relations entre les objets, les phénomènes et les concepts, les lois permettant d'expliquer, d'interpréter, de prédire ces phénomènes (Tiberghien, 1994). Dans le cadre de notre projet, cette approche permet d'analyser comment les élèves mobilisent les concepts et modèles physiques pour étudier une situation réelle ou fictive. Ce cadre épistémologique est articulé à une approche sémiotique s'intéressant aux ressources abstraites non-matérielles avec lesquelles nous faisons sens. De nombreuses recherches sur la résolution de problèmes se sont intéressées au format représentationnel, à savoir, les formes sous lesquelles un concept ou un problème donné est exprimé et communiqué (De Cock, 2012). La combinaison des approches épistémologique et sémiotique permet d'envisager l'apprentissage de la physique comme étant lié à la distinction et l'articulation des niveaux de modélisation et au choix et à la diversification des modes sémiotiques dans les interactions ou les productions écrites (Bécu-Robinault, 2018). Les processus d'étude et d'enseignement sont analysés à partir des interactions en classe, catégorisées à partir de la signification des modes sémiotiques du point de vue de la physique.

Pour conduire nos analyses, nous avons articulé les deux approches, comme indiqué dans la figure 1. Ainsi, les éléments de la situation d'enseignement (analyse à priori de l'extrait, des

consignes et documents fournis aux élèves) peuvent proposer des théories et modèles (nécessité d'un milieu matériel pour la propagation du son pour le monde réel et pas nécessairement pour le monde fictif) ou des objets et événements (bougie pour le monde réel, vaisseau spatial pour monde de la fiction). Les transcriptions des interactions entre les élèves peuvent être analysées selon cette même combinaison de cadres.

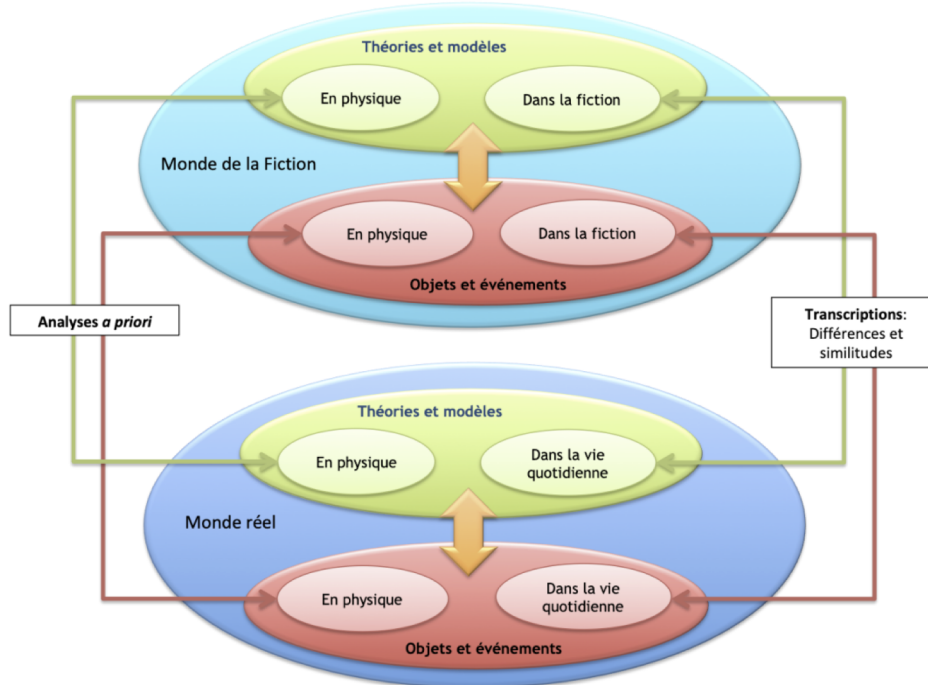


Figure 1. : Représentation graphique de l'articulation des deux cadres théoriques.

Ainsi, afin de combiner ces deux cadres, nous avons ajouté à la représentation initiale des deux mondes (Tiberghien *et al.*, 2009), à savoir les théories et modèles correspondant à la bulle verte ou les objets et événements correspondant à la bulle rouge, les mondes réel (bulle bleu inférieure) et de la fiction (bulle bleu supérieure). Les flèches représentent la mise en relation des éléments contenus par chacun des niveaux de modélisation. Les analyses conduites a priori sur la situation fournie aux élèves et celles portant sur les interactions des élèves, visent à mettre en évidence les articulations entre les mondes réel et de la fiction, mais également les activités de modélisation au sein de chacun de ces mondes.

QUESTION DE RECHERCHE

Sur la base de ces ancrages théoriques, nous souhaitons mettre en évidence en quoi la contextualisation d'un problème à partir d'une fiction apporte des éléments complémentaires aux activités de modélisation lors d'une résolution de problème en classe de physique au collège.

MÉTHODOLOGIE

Notre corpus initial de données comporte le texte de l'activité distribué aux élèves, les textes des programmes (Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, 2015), le manuel scolaire

de physique-chimie utilisé (Daujean *et al.*, 2017), l'extrait du film Star Wars épisode II (Lucas, 2002), les vidéos de 4 groupes d'élèves, leurs transcriptions et les productions écrites des élèves de 4 classes (copies et brouillons). Ce texte présente une partie des analyses conduites, au cours de laquelle nous nous sommes focalisés sur l'analyse des interactions au sein d'un groupe précis de trois élèves de 4ème (deux garçons et une fille). Les autres données permettent de mettre en regard les réponses de ce groupe avec celles des autres groupes. Les analyses des autres transcriptions sont en cours.

La séance débute par le visionnage de l'extrait très court de Star Wars II. Dans cette séquence, les élèves voient Obi-Wan traverser un champ d'astéroïdes très dense (les anneaux de la planète Geonosis) dans son vaisseau spatial. La vue change et on devient spectateur à l'extérieur du vaisseau qui évite de percuter les blocs rocheux (Lehoucq, 2017). Le plus gros bloc rocheux reçoit alors une « charge sismique ». La charge produit une lumière bleue intense, mais il n'y a aucun bruit et la séquence est coupée. L'extrait est montré trois fois aux élèves. L'enseignant distribue ensuite un document conçu à partir du manuel scolaire, composé de quatre parties : les consignes, une description des propriétés macroscopiques et microscopiques des états de la matière, un descriptif de l'oreille comme récepteur de signaux et une activité expérimentale proposant de placer la flamme d'une bougie devant le haut-parleur d'une enceinte qui diffuse de la musique.

Nos analyses portent sur les caractéristiques de la situation travaillée par les élèves ainsi que sur les transcriptions des interactions d'un groupe au cours de la séance et les productions écrites des élèves des 4 classes. Notre objectif est de mettre en évidence le rôle des objets, événements, les modèles physiques élaborés ou mobilisés, dans la fiction ou lors de l'activité expérimentale, sur les stratégies de résolution de problème. La première phase correspond à l'analyse à priori de la situation travaillée. Nous identifions : les mondes mis en jeu tels que nous permet de les définir Lewis, les théories et modèles ou objets et événements. Cette phase permet de mettre en évidence les difficultés que les élèves pourraient avoir pour différencier et articuler les mondes fictif et réel et pour modéliser les situations afin de résoudre le problème. La deuxième phase est consacrée à l'analyse de l'activité des élèves à travers l'analyse de leurs interactions et productions. Nous avons codé, pour chaque intervention d'élève, à quel monde (théorie-modèles ; objets-événements ; monde réel ; monde fictif) elle faisait référence et quels étaient les éléments mobilisés par les élèves. Nous comparons l'analyse à priori avec les obstacles effectivement rencontrés par les élèves.

Locuteur	Discours	Objets- Evenements	Théorie-Modèle (Ondulatoire - particulaire)	Monde fictif classe	Monde fictif Satr Wars	Monde réel	Monde actuel (expérience)
Bohort	<i>Parce que quand on a fait vibrer, quand on a mis la musique, ça fait vibrer l'air qui a fait vibrer la bougie.</i>	musique - air - bougie	vibration				
Bohort	<i>Et que quand on a regardé l'extrait vidéo y avait pas de- on entendait pas le son.</i>	pas de son					
Viviane	<i>Y a pas d'air dans l'espace.</i>	pas d'air dans l'espace - pas assez - moins					
Bohort	<i>Y a pas d'air et du coup le son </i>						
Arthur	<i>Ou alors pas assez</i>						
Bohort	<i>Ou moins, pas beaucoup d'air</i>						
Viviane	<i>Pas assez d'air</i>						
Bohort	<i>Du coup le son il venait plus lentement.</i>	son venait	vitesse				

Figure 2. : extrait de notre grille d'analyse et du codage des transcriptions.

RÉSULTATS

PHASE 1 : ANALYSE À PRIORI

Dans une première phase de notre étude, nous avons identifié à priori quatre mondes possibles : le monde de la fiction d'origine qui correspond à l'extrait de film pour un élève qui connaît la mythologie Star Wars, le monde de la fiction qui correspond uniquement à l'extrait de film diffusé en classe, le monde actuel constitué des dispositifs expérimentaux avec lesquels les élèves peuvent interagir en classe et le monde réel (connaissances scientifiques). Nous avons ensuite identifié, pour chacun de ces mondes, les modèles scientifiques ou quotidiens qui pouvaient être mobilisés, ainsi que les objets et événements. Cette analyse permet de comparer les éléments des mondes possibles, que ce soit du point de vue de leurs caractéristiques matérielles ou du point de vue de leur fonctionnement. Ainsi, certaines propriétés physiques données à voir dans la fiction ou dans le monde actuel des élèves (comme la production de lumière, la production de chaleur, la production de mouvement) sont portées par des objets non comparables du point de vue de leur rôle (comme la lumière de la bougie en regard de la lumière produite par l'explosion de l'astéroïde ou encore le son produit par le smartphone en regard du son produit « potentiellement » par l'explosion de la matière solide).

PHASE 2: ANALYSE DES INTERACTIONS

La deuxième phase de notre étude concerne l'analyse des interactions. Il s'agit de mettre en évidence comment les élèves prennent en charge le problème et articulent les mondes possibles

sur la base des savoirs à leur disposition. Les interactions ont été codées sur la base de catégories articulant les mondes possibles et le cadre épistémologique (Figure 2.). Nous avons également analysé les productions écrites des groupes, même si les élèves produisent peu de dessins. Cette analyse indique que leurs réponses mobilisent quasi exclusivement la langue naturelle. À l'issue du visionnage de l'extrait, les élèves font spontanément appel au modèle ondulatoire et ne parviennent pas à faire coïncider ce modèle avec le document (figure 3.) décrivant les mouvements des molécules en fonction des états de la matière (modèle corpusculaire). Pour les élèves, il semble indispensable de faire uniquement référence au modèle corpusculaire décrit dans les documents. « Mais regarde déjà y a ça [pointe un des documents sur la feuille] on a fait là, on a fait à l'aide de ça, et maintenant il faut qu'on s'aide de là ». Cette incompatibilité entre le modèle suggéré par l'extrait et celui présenté dans les documents, conduit les élèves à ne plus prendre en compte l'extrait de film dans leurs échanges.

Document 1 : Description des états physiques de la matière

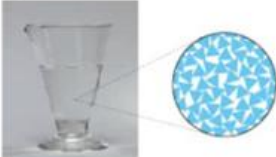
Propriétés macroscopiques		Propriétés microscopiques
<p>Un solide est incompressible. Un solide peut être saisi entre les doigts et possède une forme propre.</p>	 <p>Fig. 1 : L'eau à l'état solide et sa modélisation.</p>	<p>Les molécules sont en contact. Les molécules sont liées et immobiles (elles peuvent tout au plus « vibrer »).</p>
<p>Un liquide est incompressible. Un liquide coule et prend la forme du récipient qui le contient. Sa surface reste plane et horizontale.</p>	 <p>Fig. 2 : L'eau à l'état liquide et sa modélisation.</p>	<p>Les molécules sont en contact. Les molécules sont peu liées et glissent les unes sur les autres, elles sont mobiles.</p>
<p>Un gaz est compressible. Un gaz se répand dans tout l'espace disponible, il est expansible.</p>	 <p>Fig. 3 : L'eau à l'état gazeux et sa modélisation.</p>	<p>Les molécules sont très espacées. Les molécules sont très agitées et ont des mouvements rapides.</p>

Figure 3. : document 1 de l'énoncé de l'activité de résolution de problème donné par l'enseignant, décrivant un modèle corpusculaire.

Document 2 : Activité expérimentale


<p>Protocole expérimental</p> <ul style="list-style-type: none"> Placer la bougie allumée devant le haut-parleur. Connecter le lecteur audio au haut-parleur. Lancer la piste audio et observer la bougie. 	 <p>Fig. 1 : La bougie est placée devant le haut-parleur.</p>	<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> un smartphone un haut-parleur, une bougie allumée
--	--	---

Figure 4. : document 2 de l'énoncé de l'activité de résolution de problème donné par l'enseignant, décrivant l'activité expérimentale.

Lorsque les élèves interprètent l'expérience, par ailleurs décrite dans les documents fournis (Figure 4.), ils mobilisent essentiellement les éléments du modèle particulaire du document. À contrario, lorsqu'ils interprètent le film, ils articulent les mondes possibles pour comparer la situation du film à celle de l'expérience, sur la base des modèles ondulatoire ou corpusculaire. Ainsi, l'expérience proposée tend à conforter les élèves dans l'utilisation d'un modèle unique, le modèle particulaire, contrairement à l'extrait de film qui ouvre à des interprétations ondulatoires et corpusculaires, parfois combinées dans un dessin (Figure 5.).

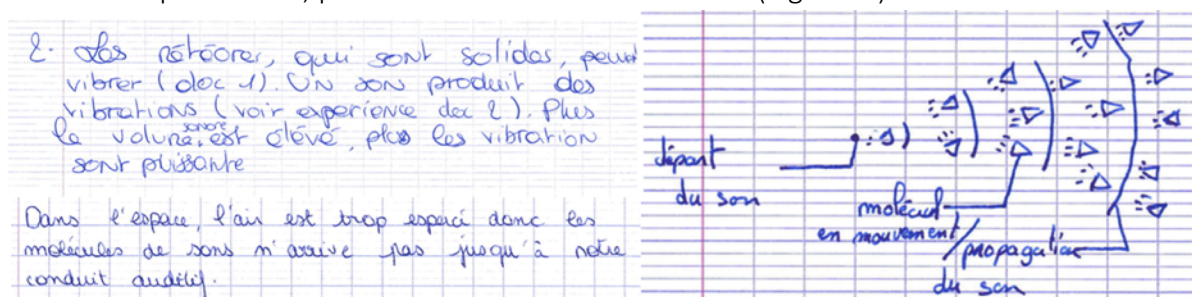


Figure 5. : Extrait des productions écrites des élèves (modèle ondulatoire et corpusculaire). Nos résultats questionnent le choix de la situation initiale issue d'un film de science-fiction et son articulation avec l'expérience à réaliser. En effet, les phénomènes à étudier ne sont pas les mêmes. Par exemple, le mouvement lié à la propagation du son (modèle corpusculaire) est mis en évidence avec la flamme d'une bougie dans l'expérience, alors qu'il est lié à l'éclatement de l'astéroïde dans l'extrait ; il n'y a pas de son perçu dans l'extrait, alors que les élèves entendent la musique au cours de l'expérience. Ces différences apparaissent comme un obstacle à la mise en correspondance des deux situations, et donc des mondes actuels et fictifs de la classe (voir par exemple la réponse d'un groupe Figure 6.).

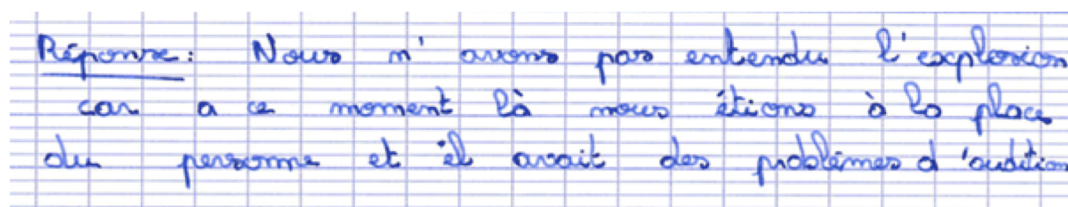


Figure 6. : Extrait des productions écrites des élèves (mise en correspondance film - expérience).

Enfin, un des documents présente l'oreille comme récepteur de signaux sonores qui, soumise à un son trop intense, peut être endommagée (Figure 7.). Dans la situation expérimentale, le récepteur de la musique est l'oreille de l'élève (Figure 8.). Dans le film, le récepteur du son de l'explosion est l'oreille d'Obi-Wan Kenobi, située dans un vaisseau spatial, « filmé » par une caméra : le son (ou plutôt l'absence de son) est transmis par les enceintes de la classe et perçu par les oreilles des élèves. Il faut donc que l'élève se mette à la place d'Obi-Wan et imagine le son perçu ou non par ce dernier.

Document 3 :
L'oreille, un récepteur de signaux sonores
 Les signaux sonores captés par l'oreille externe se propagent jusqu'à l'oreille moyenne grâce à la vibration du tympan, qui les amplifie.

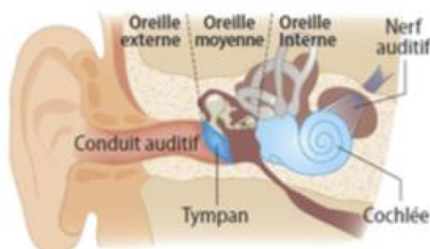


Fig. 1 : Schéma de l'oreille en coupe.

L'oreille interne comporte des cellules ciliées très fragiles, situées dans la cochlée, et qui constituent notre « capital auditif ». Ces cellules « codent » les vibrations perçues, afin de transmettre un message au cerveau, par le nerf auditif.

Soumises à un son trop intense, les cellules ciliées peuvent être détruites de manière définitive et une partie de l'audition peut être perdue. L'oreille ne possède pas de protection suffisamment efficace contre les sons intenses, qui peuvent donc l'endommager rapidement.

Vocabulaire
 • **Acouphène** : sifflement ou bourdonnement d'oreille ressenti en permanence.

Figure 7. : document 3 de l'énoncé de l'activité de résolution de problème donné par l'enseignant, décrivant l'oreille comme un récepteur de signaux sonores.

Situation expérimentale

Extrait Star Wars

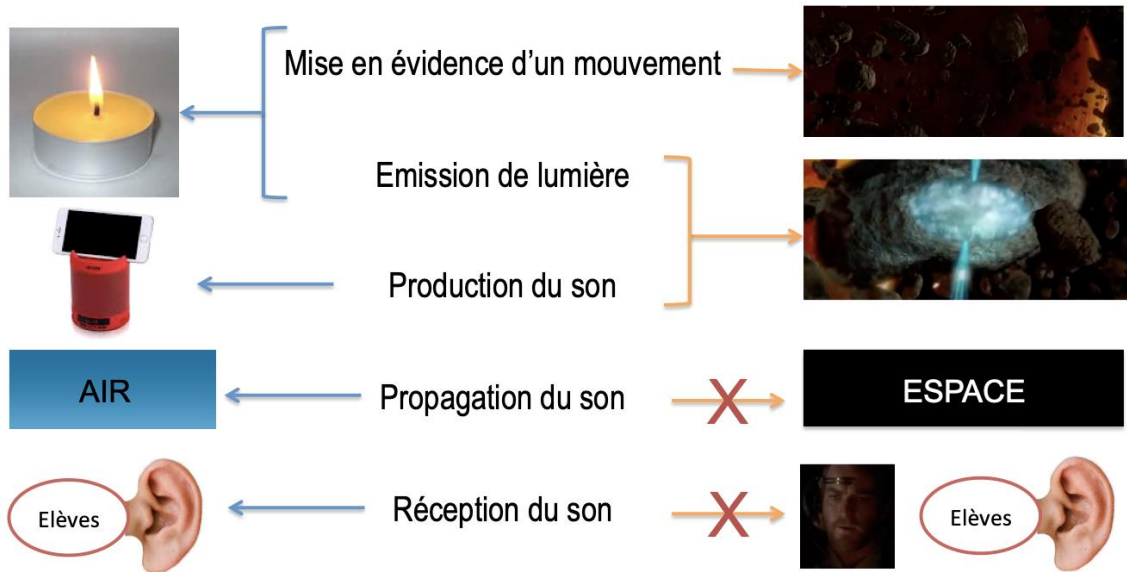


Figure 8. : schématisation des phénomènes en jeu dans la situation expérimentale en regard de la situation fictionnelle.

La figure 8. synthétise les différences entre la situation expérimentale (monde actuel) et l'extrait de Star Wars (monde fictif de la classe). Elle met en évidence à quel monde sont liés les phénomènes mis à l'étude, à savoir, soit à la situation expérimentale (colonne de gauche), soit à l'extrait vidéo (colonne de droite). Ce schéma, non réalisé a priori car les difficultés qu'il révèle ont émergé de l'analyse des transcriptions, nous paraît désormais indispensable pour évaluer les relations que les élèves peuvent ou non établir entre le monde fictif en classe et le monde de l'expérience.

CONCLUSION ET DISCUSSION

Notre analyse, fondée sur les mondes possibles et le cadre épistémo-sémiotique, indique que l'utilisation de la fiction dans le cadre de la résolution de problèmes apporte des éléments complémentaires aux modèles habituellement travaillés en classe de physique au collège. La comparaison des analyses à priori à celle des interactions au sein d'un groupe d'élèves et l'analyse des productions écrites de la classe, a permis de caractériser la variété des savoirs dans les situations proposées, leur origine en fonction des mondes réels ou fictifs. Nos résultats mettent en évidence l'influence des documents fournis et permettent d'expliquer certaines difficultés rencontrées par les élèves concernant l'articulation des mondes fictifs et réels. Par exemple, les élèves peinent à mettre en relation les situations fictives et réelles du fait des objets jouant des rôles différents au regard des événements à étudier ou encore, à choisir un même modèle pour interpréter l'expérience et l'extrait de film. Les cadres d'analyse mobilisés ont ainsi permis d'identifier les obstacles liés aux objets et phénomènes non comparables dans les différents mondes et nous ont conduit de proposer des adaptations de la situation initiale, notamment concernant l'extrait de film à proposer aux élèves. Nos recherches actuelles visent à étudier en quoi ces modifications peuvent contribuer à faciliter l'usage de documents du monde de la fiction pour étudier la physique.

BIBLIOGRAPHIE

- Bécu-Robinault, K. (2018). *Analyse des interactions en classe de physique. Le geste, la parole et l'écrit*. Paris, France : L'Harmattan.
- Bécu-Robinault, K., Derradj, C. & Boivin-Delpieu, G. (2018, mars). *Modélisation et modes sémiotiques pour la résolution d'un problème en physique*. Communication présentée aux 10e rencontres de l'ARDIST, Saint-Malo, France.
- Daujean, C., Alibert, F., Fernoux, P., Massa, F. & Wozniak, S. (2017). *Physique chimie, le manuel de cycle 4, 5e, 4e, 3e, nouveaux programmes 2016*. Paris, France : Hatier.
- De Cock, M. (2012). Representation use and strategy choice in physics problem solving. *Physical Review special Topics – Physics Education Research*, 8(2), 020117.
- Derradj, C., Boivin-Delpieu, G. & Bécu-Robinault, K. (2018, mars). *Conditions d'avancée des savoirs dans une résolution de problème*. Communication présentée aux 10e rencontres de l'ARDIST, Saint-Malo, France.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Doležel, L. (1998). Possible worlds of fiction and history. *New Literary History*, 29(4), 785-809.
- Lehoucq, R. (2017). *Faire des sciences avec Star Wars*. Saint-Mammès : Le Béliat'.
- Lewis, D. (1978). Truth in Fiction. *American Philosophical Quarterly*, 15(1), 37-46.
- Lucasfilm Ltd., McCallum, R. (production) et Lucas, G. (réalisateur). (2002). *Star Wars : Épisode II – Attack of the Clones*. United States : 20th Century Fox.
- Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse. (2015). Bulletin Officiel spécial du 26 novembre 2015 : programmes d'enseignement de l'école élémentaire et du collège. NOR : MENE1526483.
- Murzilli, N. (2012). De l'usage des mondes possibles en théorie de la fiction. *Klesis-revue philosophique*, 24(1), 326-351. Repéré à <https://www.revue-klesis.org/index.html#d24>

- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching – learning situations. *Learning and Instruction*, *4*, 71-87.
- Tiberghien A., Vince J. & Gaidioz P. (2009). Design Based Research, Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, *31*(17), 2275-2314.

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ DES ÉTUDIANTS LORS D'UNE SÉANCE DE LABORATOIRE

Céline Picron^{1,2,3}, Philippe Snauwaert^{2,3}

1 : Unité de didactique de la chimie

2 : Institut de Recherches en Didactiques et Education de l'UNamur (IRDENa)

3 : Université de Namur [Namur] (UNamur)

Résumé : Les activités expérimentales poursuivent différents objectifs dont l'apprentissage de techniques de laboratoire. Cette communication traite de l'activité des étudiants de première année d'études supérieures en chimie lorsqu'ils réalisent une dilution et un titrage. Il ressort de cette étude que la procédure de laboratoire, l'encadrant et les pairs ont un impact notable sur la réalisation ou non, de certains gestes techniques. De plus, il s'avère que l'activité ne comporte pas que des gestes techniques ou des prises d'informations mais aussi des gestes ne servant pas à la manipulation. La plupart du temps, les étudiants utilisent comme référent des éléments ou personnes ayant une influence sur les actes effectués. Ces référents ont une fonction permettant d'expliquer les raisons pour lesquelles les gestes sont réalisés par les étudiants.

Mots-clés : dilution – titrage – activité – séance de laboratoire – chimie

ANALYSIS OF STUDENT ACTIVITY DURING A LABORATORY SESSION

Abstract : Experimental activities have various objectives, including the learning of laboratory techniques. This paper discusses the activity of first-year chemistry graduate students when performing dilution and titration.

This study shows that the laboratory procedure, the supervisor and the peers have a significant impact on the performance or not of certain technical gestures. In addition, it turns out that the activity does not involve only technical gestures or taking information but also gestures not used for manipulation. Most of the time, the students use as referent elements or persons having an influence on the acts performed. These referrers have a function to explain the reasons why the students make the actions.

Keywords : dilution – titration – activity – laboratory session – chemistry

INTRODUCTION

Les activités expérimentales ou séances de travaux pratiques (TP) sont organisées pour permettre aux étudiants de s'approprier de multiples acquis (Giuseppin, 1996 ; Hofstein & Lunetta, 2004 ; Lloyd, 1992 ; National Research Council, 2006 ; Pernot, 1993 ; Reid & Shah, 2007) dont des compétences techniques. Elles sont, en général, travaillées au travers d'instructions directives (Abraham, 2011). Cependant, il apparaît que, lorsque toute la procédure est donnée, les étudiants ont tendance à consulter le syllabus de TP à tout moment, y compris au milieu d'une action, ce que Vermersch (1985) a appelé « atomisation de l'action ». L'importance est alors plutôt donnée à l'obtention de résultats plutôt qu'à l'apprentissage procédural (Séré & Beney, 1997).

Dans le cadre de cette recherche, nous avons transformé certains TP en demandant aux étudiants d'écrire eux-mêmes le protocole de deux techniques de laboratoire, la dilution et le titrage, à l'aide d'outils mis à disposition (fiches techniques, vidéos, ...) dans le but de donner du sens aux techniques et de faciliter l'acquisition de connaissances nécessaires à leur application. Notre étude portant sur l'acquisition de techniques de laboratoire tant d'un point de vue procédural que théorique, nous avons choisi d'employer, comme cadre théorique, la théorie de l'activité.

La théorie de l'activité implique l'analyse des agir d'un ou d'un groupe d'individus en situation professionnelle en relation avec des pairs. D'après divers articles (Kaptelinin, 1996 ; Kaptelinin, Kuutti & Bannon, 1995 ; Venturini, 2012), cette théorie se base sur six principes dont seuls les trois premiers seront présentés. Le premier est l'unité de la conscience et de l'activité. L'idée est que la connaissance naît des interactions entre l'individu et son environnement. Le deuxième insiste sur l'importance de l'environnement lui-même dans ses dimensions physiques, sociales et culturelles. Ces deux principes font référence à l'idée d'artéfacts médiant l'activité et à celle de communauté régie par des règles. Le troisième principe décrit l'activité comme ayant une structure hiérarchique à trois niveaux. Toute activité s'effectue par des actions qui sont elles-mêmes composées d'opérations. L'activité en elle-même est orientée vers la poursuite d'un motif. Le sujet menant l'activité doit effectuer un certain nombre d'actions qui ont chacune un but. Ces actions sont elles-mêmes composées d'opérations, de procédures compilées et inconscientes, permettant l'exécution de l'activité (Hasan & Kazlauskas, 2014 ; Hashim & Jones, 2007 ; Venturini, 2012).

Pour faciliter les analyses, nous avons structuré les techniques de laboratoire en arbres des tâches présentant la structure à trois niveaux décrite par Léontiev (Girault, D'Ham, Ney, Sanchez & Wajeman, 2012 ; Hasan & Kazlauskas, 2014 ; Hashim & Jones, 2007 ; Kaptelinin, 1996 ; Kaptelinin *et al.*, 1995 ; Venturini, 2012) :

d-Jones-2007; Kaptelinin-1996; Kaptelinin-et-al-1995;

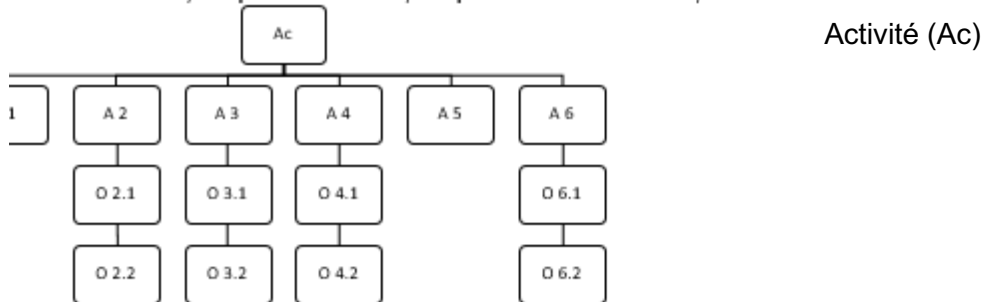


Figure 1. : Organisation générale d'un arbre des tâches d'après Girault et al. (2012)

QUESTIONS DE RECHERCHE

L'activité des étudiants en laboratoire a été filmée pour en permettre une analyse. Cette analyse et une catégorisation des moments de l'activité nous a permis de lister les actions des étudiants, d'observer la manière dont ils morcellent l'activité et de déterminer les proportions de chacune de ces catégories de l'activité visible. Des entretiens d'autoconfrontation donnent accès à une partie de l'activité de pensée des étudiants, c'est-à-dire à la partie invisible de l'activité. Ils révèlent le sens que les étudiants donnent à leurs actes ainsi que la fonction de certains d'entre eux. Les questions de recherche sont donc les suivantes :

- Les gestes techniques effectués par les étudiants en début d'apprentissage sont-ils en adéquation avec ceux requis pour réaliser correctement les techniques de dilution et de titrage ?
- Quel(s) sens les étudiants donnent-ils aux gestes réalisés lors d'une activité expérimentale ?

MÉTHODOLOGIE

Cette recherche a été menée lors de l'année académique 2018-2019 auprès de 17 étudiants inscrits en première année d'études en sciences chimiques. Notre étude porte sur l'activité des étudiants lors de séances de laboratoire impliquant deux techniques de base : la dilution et le titrage. La figure 2 présente l'organisation des TP durant l'année. Ceux qui mettent en œuvre les techniques susmentionnées sont entourés.

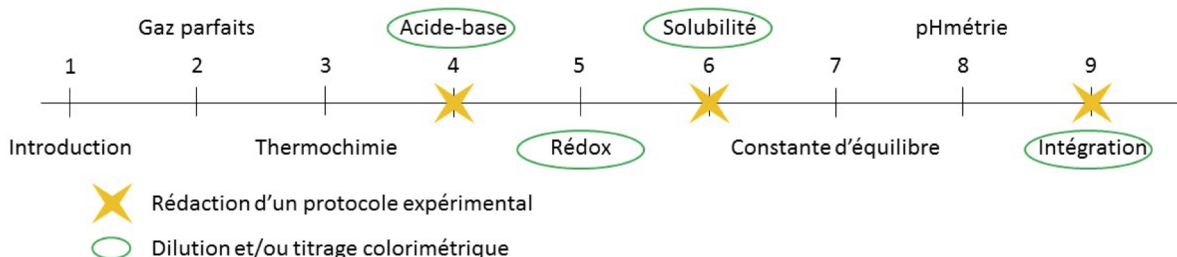


Figure 2. : Organisation des séances de laboratoire

L'objectif étant d'étudier l'activité au début d'un apprentissage technique, nous nous sommes intéressés aux séances 4 et 5 qui impliquaient, respectivement, un titrage acide-base et un titrage manganométrique. Lors de la séance de TP 4, les étudiants devaient rédiger les procédures permettant d'exécuter les techniques de laboratoire à l'aide d'outils mis à disposition. Pour le TP 5, les procédures, ne reprenant pas les étapes de rinçage et de conditionnement, sont décrites dans le syllabus.

De manière à observer la partie visible de l'activité durant ces deux TP, nous avons filmé 12 étudiants lors du TP 4 et 13 étudiants lors du TP 5 dont 8 sont communs aux deux TP. Dans chaque TP, la dilution et le premier titrage réalisés ont été filmés. Les vidéos sont analysées à l'aide du logiciel Sonal (version 2.0.99). Les différents moments de l'activité visible sont classés dans des catégories décrites dans le tableau 1.

En plus d'être filmés, certains étudiants ont accepté de participer à un entretien d'autoconfrontation leur permettant de revivre et d'explicitier leur vécu en laboratoire. Ces étudiants visionnent leur vidéo. Il leur est demandé de décrire ce à quoi ils pensaient au moment de certaines actions choisies à priori. Les étudiants avaient cependant la possibilité d'intervenir à n'importe quel moment, s'ils le souhaitaient.

Catégories	Description	
Technicité	Préparation du matériel	Prise de matériel dans la paillasse ou sur une paillasse générale
	Dilution	Réalisation d'une action de la dilution
	Titration	Réalisation d'une action du titrage
Interaction	Aide un pair	Réponse à une question d'un pair ou aide à la manipulation
	Aide reçue d'un pair	Réponse d'un pair à une question ou aide d'un pair lors d'une manipulation
	Aide de l'encadrant	Réponse de l'encadrant à une question ou une demande d'aide pour un geste technique
Lecture de la procédure de laboratoire	Consultation de la procédure de laboratoire	
Sans thématique	Action effectuée ne pouvant pas être classée dans les catégories précédentes (ex. : écouter l'encadrant lors d'une intervention générale, aller remplir la pissette d'eau à partager avec son voisin...)	
Gestes parasites	Réalisation d'un acte non nécessaire pour mener à bien la manipulation (ex. : rincer le bécher servant de poubelle, discuter de ses hobbies, regarder d'autres étudiants...)	

Tableau 1. : Description des catégories utilisées pour classer les moments de l'activité filmée

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 2 reprend le nombre d'étudiants ayant exécuté chacune des actions nécessaires à la dilution et au titrage lors des TP 4 et 5.

	Actions	TP 4 (12 étudiants)	TP 5 (13 étudiants)
Dilution	Verser la solution dans un bécher	11	11
	Rincer la pipette à l'eau	11	9
	Conditionner la pipette	11	7
	Rincer le ballon jaugé	5	7
	Prélever la solution à diluer	12	13
	Laisser couler la solution dans le ballon jaugé	12	12
	Remplir le ballon jaugé	12	13
	Homogénéiser	11	11
	Titration	Rincer la burette	12
Conditionner la burette		11	7
Remplir la burette de titrant		12	13
Rincer l'erenmeyer		10	13
Verser la solution à titrer dans un bécher		11	3
Rincer la pipette à l'eau		9	11
Conditionner la pipette		6	5
Prélever le titré		12	13
Laisser couler le titré dans l'erenmeyer		12	13
Rincer les parois de l'erenmeyer		5	7
Ajouter un indicateur		12	/
Placer une feuille de papier sous l'erenmeyer		5	9
Titration rapide		12	13
Titration lente	12	13	

Tableau 2. : Nombre d'étudiants effectuant les actions nécessaires à la dilution et au titrage lors des TP 4 et 5

S

i la plupart des gestes techniques attendus sont bien présents lors de la réalisation d'une dilution et d'un titrage, certains ne le sont que par un nombre peu élevé d'étudiants. Cela peut s'expliquer par le fait que :

- l'action n'est pas décrite dans la procédure ;
- les étudiants ne lisent pas la procédure au moment d'exécuter l'action et n'obtiennent pas l'information par un autre canal (encadrant, pair) ;
- l'action n'est pas indispensable.

En plus de ces actions, nous avons pu observer d'autres actes effectués par les étudiants. Ces actes découpent les actions en gestes élémentaires, conformément à ce que rapportait Vermerisch, mais ne sont pas toujours des prises d'informations. En fait, pratiquement toutes les catégories reprises dans le tableau 1 sont représentées quel que soit l'étudiant ou le TP. La figure 3 présente les proportions de chaque catégorie d'actes faits par l'ensemble des étudiants filmés.

TP 4 (procédure écrite par les étudiants)

TP 5 (procédure fournie)

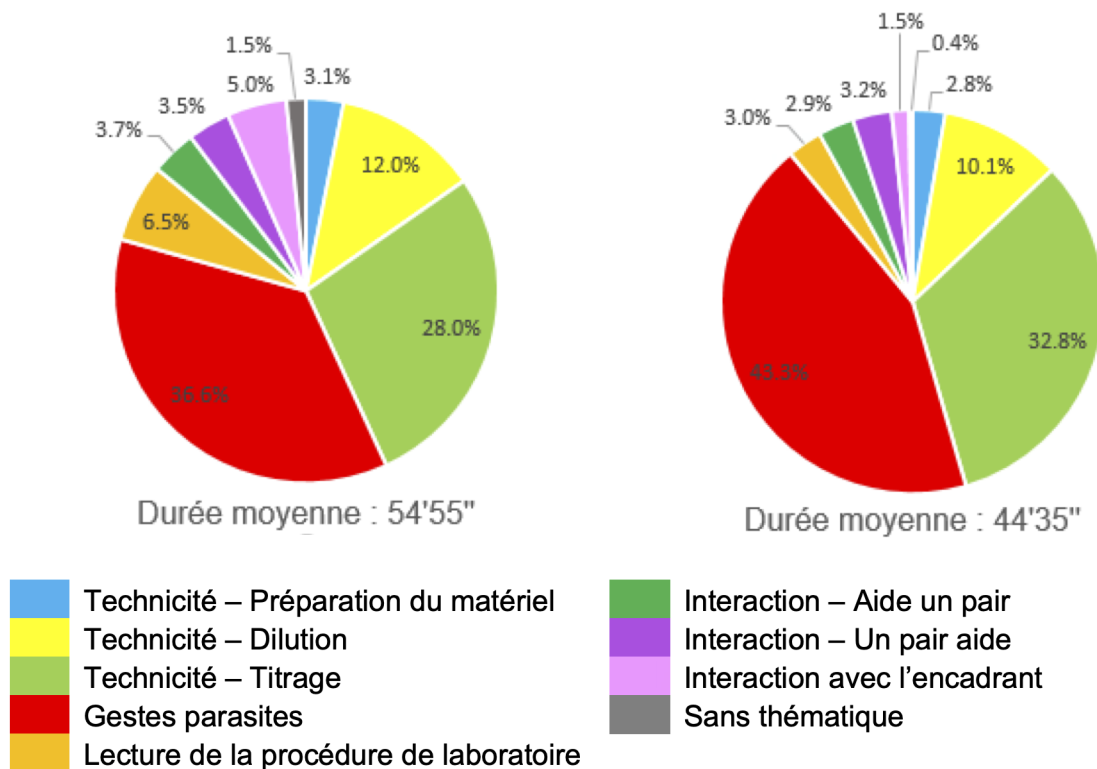


Figure 3. : Moyenne des proportions des catégories de gestes réalisés lors des TP 4 et 5.

De manière générale, toutes les catégories sont présentes avec des proportions plus ou moins importantes. Les catégories les plus importantes sont la technicité (préparation du matériel, dilution et titrage) et les gestes parasites. Quel que soit le TP, la proportion de gestes techniques est d'environ 45 %. La proportion de gestes parasites, par contre, augmente de 36 à 44 % aux dépens des interactions avec l'encadrant et des périodes de lecture de la procédure de laboratoire.

Lors du TP 4, les étudiants rédigent leur propre procédure de laboratoire. Ils ont tendance à rédiger des procédures très longues et détaillées. La proportion de temps consacrée à la lecture des instructions est donc plus importante que lors du TP 5 pour lequel une procédure concise est fournie. La consultation de cette dernière ne donne que peu de détails techniques. Les entretiens d'autoconfrontation révèlent que les étudiants exécutent alors des gestes parasites. N'ayant pas accès à l'information recherchée, ils vont avoir tendance à attendre et/ou à rincer inutilement certaines pièces de verrerie, voire vont commettre des erreurs dont ils vont se rendre compte par la suite. Ils auront alors à recommencer tout ou partie de la manipulation. En ce qui concerne les interactions avec l'encadrant, il s'avère que la diminution de pourcentage observée soit essentiellement due à un manque de disponibilité de ce dernier auprès de certains étudiants. Ils exécutent alors un nombre plus important de gestes parasites.

Pour connaître le sens que les étudiants donnent aux gestes techniques et parasites, nous avons besoin de connaître l'activité de pensée des étudiants au travers d'entretiens d'autoconfrontation. Les témoignages obtenus lors des entretiens ne correspondent pas toujours à l'action effectuée, la pensée des étudiants n'étant pas linéaire. Lorsque les étudiants se voient exécuter

une action, il arrive qu'ils parlent d'un geste réalisé auparavant ou expliquent déjà une action future. De plus, le vécu est souvent plus riche en informations que la seule partie perceptible de l'activité. Lors des entretiens d'autoconfrontation, les étudiants sont amenés à revenir sur leur vécu et à le mettre en récit. Le contenu de ce récit fait souvent appel à d'autres éléments que ce qui reste perceptible comme le souvenir d'un travail réalisé, d'un événement, d'une sensation, d'un sentiment, le rappel d'un principe... et parfois plusieurs de ces éléments pour la même action. Du fait de cette richesse, il n'a pas toujours été possible de faire correspondre le témoignage des étudiants avec l'action visionnée sur les vidéos. Ils parlent parfois de plusieurs actions en même temps ou expriment des éléments valables pour plusieurs actions. Pour ces mêmes raisons, nous ne pouvions pas nous baser sur le contenu des entretiens pour recatégoriser les gestes effectués du point de vue de l'étudiant. En effet, les entretiens sont riches mais leur contenu ne couvre pas toute l'activité du fait du temps imparti pour l'entretien et ne permet pas toujours de déterminer la catégorie dans laquelle classer le geste effectué. La cause en est que les étudiants parlent de leur vécu sans forcément justifier leurs gestes. Nous avons donc considéré l'activité comme un tout.

Les entretiens avec les étudiants révèlent l'impact d'un grand nombre d'objets, d'artéfacts sur l'activité. Parmi ces artéfacts, nous avons choisi, comme angle d'analyse, les référents évoqués par les étudiants. Nous appelons référent tout élément ou personne susceptible de fournir une information ou aide à l'étudiant. Parmi ces référents, il y a :

- des ressources didactiques et pédagogiques comme la procédure de laboratoire ou des vidéos mises à disposition ;
- des ressources humaines telles que l'encadrant, l'enseignant précédent, les pairs ou l'étudiant lui-même ;
- les règles de sécurité en laboratoire.

Les étudiants choisissent l'un ou l'autre référent en fonction des situations et, parfois, les mettent en tension. Par exemple, un étudiant explique qu'il relit la procédure de laboratoire parce qu'il n'est pas sûr que ce que lui a dit son voisin soit exact. Il *met alors* le référent « un pair », c'est-à-dire son voisin, en tension avec le référent formé par « la procédure de laboratoire ». Les différents référents sont employés quel que soit le moment de l'activité et ont des fonctions très diverses : étayer l'agir, planifier son travail, éviter de faire appel à l'encadrant ou à un pair, expliquer un phénomène, servir de curseur temporel... Beaucoup de ces fonctions permettent d'expliquer l'existence de quelques gestes parasites et les raisons pour lesquelles certains gestes techniques sont réalisés. Par exemple, l'un des étudiants cherche une feuille de papier pendant plus de 30 secondes alors qu'il a accès à du papier absorbant blanc. Cet acte est classé dans les gestes parasites. Lors des entretiens, il explique que, dans son protocole, il est noté que « pour clairement voir l'indicateur coloré faire, agir, c'était plus facile de mettre une feuille blanche en-dessous ». Dans ce cas, la procédure de laboratoire est utilisée comme référent pour expliquer pourquoi il cherche une feuille de papier. Elle étaye son agir. Un autre étudiant lave un bécher dans lequel il va effectuer un titrage. Il s'agit là d'un geste technique. Lors de l'entretien, il explique que les solutions et eaux de rinçage sont à jeter dans une tourie de récupération mais qu'il utilise plutôt un bécher « poubelle ». Il explique que « c'est pour éviter de devoir revenir pour à chaque fois cinq millilitres qu'on a un bécher poubelle ». Dans ce dernier cas, l'étudiant est lui-même son propre référent pour planifier son travail. Il utilise un bécher « poubelle » pour éviter de faire systématiquement des aller-retour entre la tourie de récupération et sa paillasse. À ce moment de l'entretien, l'étudiant ne justifie pas l'action réalisée, il n'explique pas pourquoi il lave le berlin mais pourquoi il jette l'eau de rinçage dans

un bécher poubelle plutôt que dans la tourie de récupération. Il ne s'exprime que sur une toute petite partie de l'action.

CONCLUSION

Les activités expérimentales représentent une occasion pour les étudiants d'acquérir des compétences techniques comme, par exemple, l'exécution de certaines techniques de laboratoire. Dans le cadre de cette recherche, nous nous sommes intéressés à l'activité des étudiants inscrits en première année d'études en chimie lorsqu'ils devaient réaliser une dilution et un titrage. Pour cela, ils ont été filmés et certains d'entre eux ont participé à un entretien d'auto-confrontation. Il s'avère qu'en début d'apprentissage, toutes les actions nécessaires à ces deux techniques ne sont pas réalisées par chaque étudiant. Ils ont besoin, pour modifier cela, d'instructions provenant de plusieurs sources : la procédure de laboratoire, l'encadrant, les pairs, ... Cela n'empêche en rien l'exécution de gestes parasites ou de gestes permettant d'atteindre le but de l'action à effectuer tout en étant non conformes. Les différents moments de l'activité de laboratoire peuvent être catégorisés de la manière suivante : préparation du matériel, dilution, titrage, demande d'aide auprès d'un pair ou de l'encadrant, lecture de la procédure de laboratoire, gestes parasites, ... Il y a donc globalement des gestes techniques, des prises d'informations et des gestes parasites. Pour expliquer certains de ces moments de l'activité, les étudiants font appel à des référents, des ressources matérielles ou non pouvant leur fournir une aide : procédure de laboratoire, encadrant, pair, vidéo, ... Ces référents ont différentes fonctions. Nos analyses permettent d'identifier certaines raisons guidant les étudiants dans leur agir, que les gestes effectués soient techniques ou parasites.

L'analyse précédente est centrée sur le sujet, sur l'étudiant réalisant l'activité. Il est probablement possible, avec les mêmes données d'analyser l'activité en se centrant sur le savoir via une analyse de la praxéologie personnelle de l'étudiant. En effet, les entretiens contiennent des éléments technologiques et théoriques au sens de Croset et Chaachoua (2016). Ils donnent donc accès à une partie de la technologie et de la théorie personnelle de l'étudiant. Une comparaison entre cette praxéologie personnelle et la praxéologie institutionnellement reconnue pourrait permettre de faire la lumière sur certaines difficultés des étudiants.

BIBLIOGRAPHIE

- Abraham, M. R. (2011). What can be learned from laboratory activities? Revisiting 32 years of research. *Journal of Chemical Education*, *88*(8), 1020–1025. <https://doi.org/10.1021/ed100774d>
- Croset, M.-C. & Chaachoua, H. (2016). Une réponse à la prise en compte de l'apprenant dans la TAD: La praxéologie personnelle. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, *36*(2), 161–196.
- Girault, I., D'Ham, C., Ney, M., Sanchez, E. & Wajeman, C. (2012). Characterizing the experimental procedure in science laboratories: a preliminary step toward students experimental design. *International Journal of Science Education*, *34*(6), 825–854.
- Giuseppin, M. (1996). Place et rôle des activités expérimentales en sciences physiques. *Didaskalia*, *9*, 107–118.
- Hasan, H. & Kazlauskas, A. (2014). Activity Theory: who is doing what, why and how. In H. Hasan (Ed.), *Being practical with theory: A window into business research*

- (pp. 9–14). Wollongong, Australia: THEORI.
- Hashim, N. H. & Jones, M. L. (2007). Activity theory : a framework for qualitative analysis. In *International Qualitative Research Convention*. PJ Hilton, Malaysia. <https://doi.org/10.1007/s10620-008-0545-y>
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, **88**(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Kaptelinin, V. (1996). Activity theory: Implications for human-computer interaction. In B. A. Nardi (Ed.), *Contexte and consciousness: Activity theory and human-computer interaction* (pp. 53–59). Cambridge: MIT Press.
- Kaptelinin, V., Kuutti, K. & Bannon, L. (1995). Activity theory: Basic concepts and applications. In B. Blumenthal, J. Gornostaev & C. Unger (Eds.), *Human-Computer Interaction* (pp. 189–201). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-60614-9_14
- Lloyd, B. W. (1992). The 20th century general chemistry laboratory: Its various faces. *Journal of Chemical Education*, **69**(11), 866. <https://doi.org/10.1021/ed069p866>
- National Research Council. (2006). *America's Lab Report: Investigations in High School Science*. (S. R. Singer, M. L. Hilton, et H. A. Schweingruber, Eds.). Washington D.C.: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/661>
- Pernot, C. (1993). Une gestion de l'apprentissage de la chimie expérimentale en premier cycle universitaire. *Didaskalia*, **2**, 101–109.
- Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, **8**(2), 172–185. <https://doi.org/10.1039/B5RP90026C>
- Séré, M.-G. & Beney, M. (1997). Le fonctionnement intellectuel d'étudiants réalisant des expériences : observation de séances de travaux pratiques en premier cycle universitaire scientifique. *Didaskalia*, **11**, 75–102.
- Venturini, P. (2012). Action, activité, "agir" conjoints en didactique : discussion théorique. *Education et Didactique*, **6**(1), 127–136. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.1348>
- Vermersch, P. (1985). Donnée d'observation sur l'utilisation d'une consigne écrite : l'atomisation de l'action. *Le Travail Humain*, **48**(2), 161–172.

ANALYSE DE PRATIQUES D'ÉVALUATION DANS L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES À L'ÉCOLE PRIMAIRE DEUX ÉTUDES DE CAS

Lepareur Céline, Marlot Corinne¹, Ducrey Monnier Mylène¹
1:Haute école pédagogique du canton de Vaud (Suisse)

Résumé : Notre recherche étudie les pratiques d'évaluation de la démarche scientifique (DS) dans l'enseignement des sciences à l'école primaire. L'étude s'inscrit dans le contexte spécifique du canton de Vaud en Suisse romande. Nous nous centrons sur la 8^e année de la scolarité, la dernière du cycle primaire, au terme de laquelle les élèves âgés de 11 à 12 ans vont être orientés dans les différentes filières des degrés secondaires sur la base de leurs résultats notés. Deux études de cas seront présentées. Il s'agit de deux séquences de sciences portant sur les fonctions de nutrition (digestion et respiration), dispensées par deux enseignants expérimentés. Nous convoquons une méthode d'analyse inédite d'un corpus hétérogène (entretiens, vidéos, traces écrites) déjà mise à l'épreuve dans une précédente étude (Ducrey Monnier, Lepareur & Marlot, 2019) et qui consiste à remonter des tâches de l'épreuve sommative aux moments de la séquence qui s'y rapportent. La mise en perspective des deux cas permettra de dégager des généralités dans les logiques évaluatives de la DS de ces deux enseignants.

Mots-clés : pratiques évaluatives, enseignement primaire, démarche scientifique, didactique des sciences, TACD

ANALYSIS OF ASSESSMENT PRACTICES ON SCIENCE EDUCATION IN PRIMARY SCHOOL TWO CASE STUDIES

Abstract : Our research investigates assessment practices of inquiry based science education (IBSE) in primary school. The study takes place in the specific context of the canton of Vaud in French-speaking Switzerland. We focus on the 8th year of schooling, the last of the primary cycle, at the end of which students aged 11 to 12 years old will be oriented in various secondary degrees on the basis of their graded results. Two case studies will be presented. It consists of two science sequences dealing with the functions of nutrition (digestion and breathing), taught by two experienced teachers. We convene an analysis method of a heterogeneous corpus (interviews, videos, written traces) already put to the test in a previous study (Ducrey Monnier, Lepareur, Marlot, 2019) and which consists of reassembling tasks of the summative test at the moments of the sequence relating to it. Putting the two cases into perspective will reveal generalities in the evaluative logic of the IBSE of these two teachers.

Keywords: Assessment practices, primary education, IBSE, sciences didactics, TACD

CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Notre recherche vise à étudier les pratiques d'évaluation de la démarche scientifique en dernière année de l'école primaire (8ème), dans le contexte vaudois (Suisse), où l'évaluation sommative en sciences pèse de manière importante sur le processus d'orientation des élèves dans les filières différenciées du secondaire.

Le plan d'études romand – PER¹ (CIIP, 2010) préconise d'enseigner les sciences via la mise en œuvre de la démarche scientifique (DS). Or, des études montrent que, le plus souvent, l'accent est mis sur la maîtrise des langages spécifiques à la science plutôt que sur la capacité des élèves à argumenter dans le sens attendu par la démarche scientifique (Marlot & Morge, 2016). Elles relèvent que les niveaux de raisonnement scientifique, selon les opérations cognitives qu'ils impliquent (modéliser, schématiser, déduire, comparer, associer, reconnaître, reconstituer, caractériser, distinguer...) sont peu investis et peu évalués.

La recherche s'appuie sur un cadre théorico méthodologique (Ducrey Monnier, Lepareur & Marlot, 2019), mis au point en croisant des approches variées, pour analyser des (in)cohérences susceptibles d'intervenir dans le processus évaluatif et tenter de comprendre les logiques évaluatives des enseignants placés dans ce contexte.

ANCRAGES THÉORIQUES

Dans le but de produire une meilleure intelligibilité des pratiques d'évaluation, notre étude se propose de documenter la question de l'évaluation des apprentissages à la lumière de l'analyse didactique (Sayac, 2017).

Dans le champ de recherche sur l'évaluation pour les apprentissages (Assessment for Learning, Assessment Reform Group, 2002), la question des synergies entre l'évaluation formative et l'évaluation sommative a déjà fait l'objet de plusieurs recherches et publications (e.g., Allal, 2011 ; Harlen, 2005 ; William, 2010). L'observation et l'analyse des pratiques de classe montrent, notamment, des zones de chevauchement entre celles-ci et leurs possibles articulations (Laveault & Allal, 2016). Harlen (2013) insiste sur le fait que l'évaluation formative et sommative ne diffèrent que dans le but et le degré de formalisation. Dans cette perspective, l'activité évaluative n'est plus appréhendée sous forme dichotomique, mais bien en tant que dimensions d'un processus, voire en tant que continuum (Black et al., 2003). La mise en correspondance des éléments de savoir enseignés durant une séquence d'enseignement avec ceux évalués sommativement, nous permet, dans une approche « située » de l'évaluation (Mottier-Lopez, 2015), d'accéder aux logiques évaluatives poursuivies par les enseignants et à leurs potentielles (in) cohérences.

Le point de vue didactique sur l'évaluation qui est le nôtre, nous conduit à mettre en relation les contenus et les enjeux de savoir du test sommatif avec ceux mobilisés lors de la séquence d'enseignement-apprentissage. Il s'agit donc, grâce à une analyse ascendante de la transposition didactique de la pratique effective de saisir ce qui est réellement enseigné-appris. Cette mise

1 Plan d'études romand (PER). Sciences de la nature. Cycles 1 et 2 (Conférence Inter cantonale de l'Instruction Publique de la Suisse Romande et du Tessin, 2012). Développement de la démarche d'enseignement scientifique (1) Formulation de questions, d'hypothèses (2) Récolte et mise en forme des données (3) Analyse des données et élaboration d'un modèle explicatif (4) Communication.

en regard nous permet de montrer si l'enseignant enseigne ce qu'il évalue et évalue ce qu'il enseigne. C'est la mobilisation du cadre théorique de l'action conjointe en didactique (TACD - Sensevy, 2011), en articulation avec celui de la didactique des sciences, notamment lorsqu'il s'agit de prendre en compte les difficultés de mise en œuvre de la démarche scientifique (Marlot & Morge, 2016), qui nous permet de procéder à l'analyse ascendante de la transposition didactique. La TACD est convoquée dans le but d'analyser les séquences d'enseignement selon un découpage en termes de jeux de savoir (jeux d'apprentissage et jeux épistémiques cibles). La théorie des deux mondes (Tiberghien, Buty & Le Marechal, 2005), qui modélise le travail de l'enseignant en classe de sciences comme la nécessaire articulation entre le monde des objets et des événements et celui des théories et des modèles, nous permet de caractériser la dimension scientifique des apprentissages effectifs des élèves.

QUESTIONS DE RECHERCHE

À partir de ces éléments de contexte et de nos différents ancrages théoriques, trois questions de recherche sont traitées dans cette étude :

- Comment mettre au jour certaines (in)cohérences dans le processus évaluatif de la démarche scientifique, tel qu'il est proposé par Black et al. (2003). En accord avec Laveault et allal (2016) et Harlen (2013), nous abandonnons la classification réductrice d'évaluation formative/sommative pour lui préférer la notion de continuum.
- Comment se produisent les (in)cohérences dans le processus évaluatif de la démarche scientifique ? En ce sens, comprendre l'évaluation comme un processus (Mottier-Lopez, 2005), nous amène à penser l'évaluation comme une succession d'épisodes évaluatifs qui se déroulent à des moments variés ; que ce soit tout au long de la séquence d'enseignement-apprentissage et/ou en dehors de la séquence, lors de moments dédiés. C'est la mise en synergie de ces différents épisodes qui permet à l'enseignant de construire un jugement didactique évaluatif de l'élève (Sayac, 2017) dont la qualité va dépendre de la nature et de la gestion de ces épisodes évaluatifs.
- Quelles généralités et spécificités se dégagent de l'analyse de deux cas contrastés pour mieux comprendre et expliquer les (in)cohérences observées ?

MÉTHODOLOGIE

PRÉSENTATION DES CAS

La communication présentera deux études de cas (Passeron & Revel, 2005) afin d'approfondir certaines singularités propres à mieux comprendre les logiques évaluatives de deux enseignants. Les deux séquences de sciences étudiées portent sur les fonctions de nutrition, la première, sur la digestion et la seconde, sur la respiration. Elles sont dispensées en 8e année primaire par deux enseignants expérimentés, Damien et Giselle qui exercent dans deux établissements scolaires distincts. Leur profil est contrasté du fait que l'un est généraliste alors que l'autre est, de par sa formation, spécialiste de la discipline.

Le 1er cas, sur le thème de la digestion, est une séquence qui comporte 8 fois 2 périodes d'enseignement de 45 minutes, les deux dernières étant consacrées à la réalisation de l'évaluation sommative. Les principaux résultats d'analyse de ce cas sont présentés dans la section suivante.

Le 2e cas, sur le thème de la respiration, se déroule sur 6 fois deux périodes de 45 minutes. L'analyse de cette séquence, actuellement en cours, sera développée pour la communication, afin de dégager des similitudes et des contrastes avec le premier cas.

DONNÉES

Nos données se composent des enregistrements vidéo des séquences, des productions des élèves, des épreuves sommatives et de plusieurs entretiens avec les enseignants observés : un entretien ante destiné à annoncer les intentions et les objectifs d'apprentissage ; des entretiens à chaud post séances pour expliciter certains choix réalisés en situation ; un entretien « think aloud » (Charters, 2003 ; Dechamboux, 2016) conduit au moment de la correction de l'épreuve en demandant à l'enseignant de dire à haute voix tout ce qui lui passe par la tête.

PROCÉDURE D'ANALYSE

Dans cette étude, nous convoquons une méthode d'analyse des données déjà mise à l'épreuve dans une précédente recherche (Ducrey Monnier, Lepareur & Marlot, 2019). Cette méthode consiste à remonter des tâches de l'épreuve sommative aux moments de la séquence qui s'y rapportent et ce, en 3 temps :

Dans un 1er temps, nous analysons les tâches évaluatives de l'épreuve en correspondance avec les prescriptions officielles et les intentions de l'enseignant transmises lors des entretiens par rapport aux objectifs visés. Nous dégageons ainsi le potentiel de certaines tâches évaluatives à évaluer la compréhension de la démarche scientifique (DS).

Dans un 2e temps, nous procédons au découpage de la séquence en jeux d'apprentissage, afin de mettre en écho certaines tâches évaluatives, susceptibles d'évaluer la compréhension de la DS, avec certains jeux d'apprentissage (JA). Sur la base de ce découpage, nous procédons à une analyse didactique de ces JA, afin de saisir la façon dont l'enseignant évalue et régule la compréhension des élèves au regard de ses attentes.

Dans un 3e temps, l'entretien « think aloud » nous permet de confirmer les attentes de l'enseignant au moment de la notation des épreuves.

Cette triangulation des données vise à saisir le processus évaluatif dans son entier en vue de mieux le comprendre.

PREMIERS RÉSULTATS RELATIFS AU CAS N°1 (DIGESTION)

ANALYSE À PRIORI

L'analyse à priori (Mercier, 1998) nous a permis de repérer les enjeux didactiques liés à la notion de digestion dans le contexte de la prescription primaire. Suivant les prescriptions du PER, la progression liée à la thématique du corps humain – sources d'énergie et transformation – repose sur le développement de la démarche scientifique et sur des contenus notionnels (organes de l'appareil digestif, processus mécanique et chimique de transformation des aliments en nutriments, etc.). Le PER recommande d'« éviter les excès dans l'acquisition du vocabulaire anatomique et [de] garder en tête la finalité de l'objectif d'apprentissage (identifier les différentes parties de son corps, en décrire le fonctionnement et en tirer des conséquences pour sa santé) » (PER, MSN 27, p. 40). Les obstacles probables sont liés, du point de vue notionnel, à l'invisibilité du phénomène d'absorption intestinale et, du point de vue de la DS, à l'usage de la

modélisation en sciences.

ANALYSE DU PROCESSUS ÉVALUATIF EN TROIS TEMPS

Premier temps. L'épreuve élaborée par Damien comporte 10 exercices pour un total de 33 points. L'acquisition du vocabulaire est évaluée dans 7 exercices (25 points). La compréhension de la DS peut être évaluée dans 3 exercices (8 points). Nous constatons ainsi une pondération importante des habiletés de restitution dans l'épreuve. Ce constat est par ailleurs confirmé avec les intentions affichées de l'enseignant, lors de l'entretien ante. En effet, Damien explicite sa volonté que chaque élève atteigne le seuil de suffisance en évaluant des contenus notionnels répétés fréquemment en classe et de différencier les meilleurs sur des objectifs plus complexes d'analyse des étapes de la DS et de mise en lien entre résultats de l'expérimentation et observations. On relève ainsi, dans les intentions de l'enseignant, une hiérarchisation importante des habiletés, entre « simple » restitution de contenus notionnels et compétences plus complexes liées à la DS, comme la capacité à analyser et à interpréter des données.

La tâche évaluative centrée sur la DS que nous avons retenue pour l'analyse, correspond à l'exercice 9 (cf. annexe). Elle s'appuie sur une expérience réalisée en classe dont le protocole consistait à liquéfier une purée pour la faire passer à travers une bande de gaze. L'observation permettait de constater qu'une partie de la purée traverse la bande, l'autre pas. Pour l'épreuve, les élèves doivent déduire de cette expérience une conclusion en rapport avec la digestion des aliments. La consigne demande d'être clair et complet et d'utiliser les 7 mots donnés ; elle oriente les élèves vers une réponse raisonnée qui explique que les nutriments passent dans le sang à travers la paroi poreuse de l'intestin grêle. Les 7 mots sont donnés dans un ordre qui retrace le processus de digestion. Ainsi, les élèves peuvent réaliser la tâche sans nécessairement raisonner. Ce, d'autant plus qu'au terme de l'expérimentation réalisée en classe, la conclusion a été distribuée sur un support écrit (cf. figure 1.), avec la recommandation d'y « jeter un coup d'œil pour préparer le test » (séance 12, 17'15).

...		
2	Notre test : La pomme de terre cuite écrasée à travers la bande de gaze.	
Observation : L'aliment forme une sorte de pâte.	Résultat : Un peu de matière écrasée passe à travers le collant.	Lien avec le corps humain : C'est comme un aliment mâché qui est avalé.
Idée pour améliorer le passage à travers le collant : Rajouter du liquide pour fluidifier cette pâte.		
3	Notre test : Pomme de terre écrasée additionnée à un liquide.	
Observation : L'aliment forme une sorte de pâte liquide maintenant.	Résultat : Il y a beaucoup plus d'éléments qui passent à travers le collant.	Lien avec le corps humain : C'est comme quand les nutriments passent à travers les parois de l'intestin via le sang...
Conclusion de la classe : Ce qui passe au travers de la gaze représente ce qui passe dans le sang par les parois de l'intestin. La digestion permet le découpage des aliments et les prépare pour qu'ils puissent passer dans le sang et être distribués dans tout le corps.		

Figure 1. : Extrait de la fiche distribuée à la suite de l'expérience réalisée en classe.

2e temps. L'analyse didactique de la séquence montre que, lors de l'expérimentation, l'enseignant a anticipé la difficulté des élèves à distinguer les résultats (de l'observation) de l'interprétation. Il a insisté sur la nécessité d'aller au-delà du résultat factuel pour entrer dans l'interprétation. Toutefois, il n'a pas traité cette difficulté en s'appuyant sur les contributions effectives des élèves dans leurs compte-rendu d'expérience, mais en téléguidant une succession d'expériences correspondant à son support de cours (figure 1.). Sur ce support, distribué à la fin de l'expérimentation, figurent les tableaux fictifs de mise en correspondance des observations, des résultats et des liens avec le corps humain ainsi que la conclusion – prétendue – de la classe.

3e temps. Lors de l'entretien « think aloud », l'enseignant montre dans son corrigé que la formulation attendue correspond à la conclusion écrite de l'expérience réalisée en classe, figurant sur le support distribué (cf. figure 1.). Dans sa correction de l'épreuve de Carlo (cf. figure 2.), il sanctionne l'absence et l'utilisation non correcte de certains mots, ainsi que le manque de clarté de l'explication. Pourtant, Carlo est un des rares élèves dont l'explication démontre textuellement l'établissement d'un lien entre l'expérimentation et le corps humain par l'utilisation pertinente des termes « c'est comme si... c'est comme quand », c'est-à-dire la capacité à s'approprier l'usage d'un modèle analogique (le jus et la purée de pomme de terre). Plusieurs traces évaluées qui restituent la conclusion du support sans utiliser les marqueurs textuels de la mise en lien entre le monde des modèles et celui du phénomène étudié, obtiendront tous les points attribués pour cet exercice.

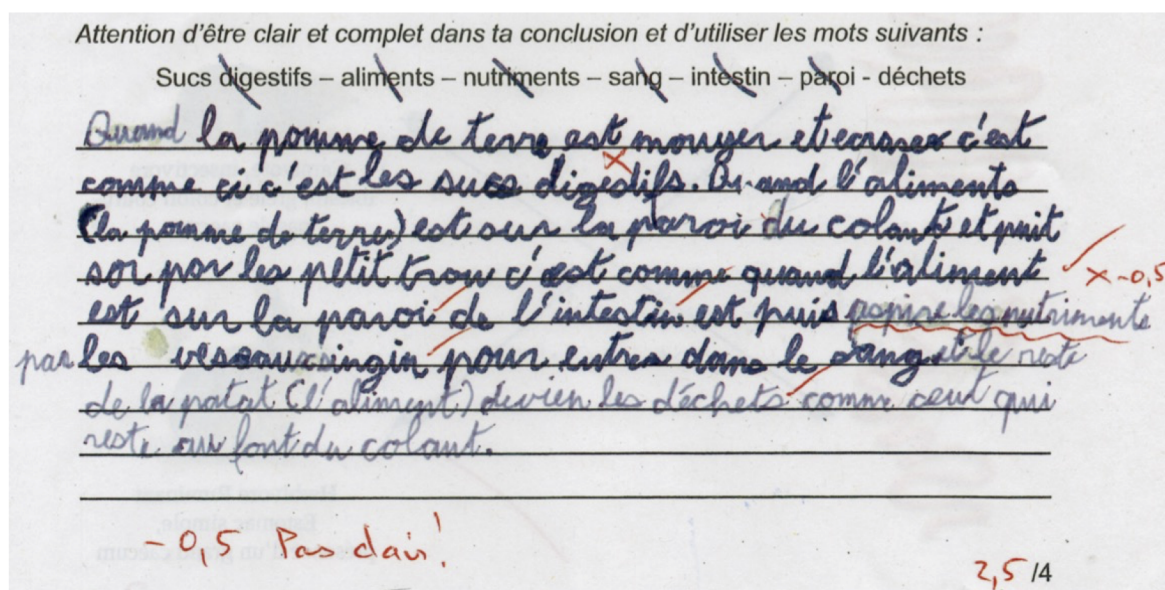


Figure 2. : Extrait corrigé de l'épreuve de Carlo

CONCLUSION ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

LA GESTION DES ÉPISODES ÉVALUATIFS

Notre conception de l'évaluation des apprentissages des élèves en tant que continuum, nous a amené, selon Sayac, 2017, à considérer la notion d'épisodes évaluatifs. Ces derniers peuvent être définis comme des moments où l'enseignant perçoit des habiletés ou des difficultés chez les élèves et où il va produire une régulation qui va conduire les élèves à objectiver leur travail au regard des attendus. Concernant cet enseignant, nous pouvons observer l'attitude géné-

rale suivante : la gestion des épisodes évaluatifs fait l'objet, soit de régulations individuelles et aléatoires, avec jugements furtifs, mais le plus souvent, de régulations collectives. In fine, les élèves ont peu l'occasion d'être en situation d'auto-régulation ou de co-régulation de leurs activités d'apprentissage. Globalement, ces épisodes sont caractéristiques d'une classe dialoguée, avec un surguidage de l'enseignant vers les réponses attendues et des validations en termes de juste/faux. Les élèves ne sont pas sollicités dans le but de construire le raisonnement nécessaire à une explication fondée en raisons.

D'un point de vue théorico-méthodologique, considérer – à l'instar des auteurs de notre revue de littérature – l'évaluation comme un processus et un continuum fait d'un système d'épisodes évaluatifs, nous paraît relever d'un positionnement fécond. En effet, ce dernier crée les conditions d'un regard didactique sur l'évaluation où celle-ci est vue comme soutien d'apprentissage (Laveault & Allal, 2016) et non plus comme déconnectée des apprentissages.

DES INCOHÉRENCES DANS LE PROCESSUS D'ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES AU REGARD DE CE QUI FAIT VALEUR POUR L'ENSEIGNANT

L'analyse croisée de la séquence d'enseignement et de l'épreuve, réinformée par l'entretien « think aloud », nous permet d'identifier des (in)cohérences dans le processus d'évaluation entre ce qui est enseigné et ce qui compte au moment de la notation. Ce qui fait valeur dans la classe, ce n'est pas l'expérience vécue des élèves au travers de la mise en œuvre des moments de la démarche scientifique, bien qu'une place importante en termes de temps lui soit accordée, mais le texte du savoir piloté par l'enseignant. Le registre empirique (des objets et des événements) et celui de la théorie et des modèles sont ainsi présentés sans articulation, mais de manière juxtaposée. L'enseignant n'évalue pas la démarche scientifique (faire des sciences) prescrite dans le plan d'études, mais exclusivement la restitution de connaissances notionnelles (mémoriser les résultats de la science). Dans ce sens, il est cohérent avec la suprématie qu'il accorde aux tâches de restitution dans son projet d'enseignement. L'analyse complète des jeux d'apprentissage dans la séquence, nous montre que, dans ce processus d'évaluation, les exigences sont réduites aux simples habiletés de mémorisation, non seulement au moment de la notation, mais tout au long de la séquence. En effet, en classe, la position surplombante de l'enseignant combinée au manque de pertinence de la situation didactique (une expérimentation pilotée par un protocole à exécuter) ne lui permet pas d'évaluer le savoir des élèves en lien avec certaines compétences relatives à la mise en œuvre de la démarche scientifique, notamment la capacité à produire des explications à partir de faits significatifs. L'évaluation est déconnectée des apprentissages et elle est reléguée, au seul moment du test sommatif. Par ailleurs, dans ce test, l'enseignant n'évalue pas la démarche expérimentale (faire des sciences), mais une restitution de connaissances notionnelle (apprendre les résultats de la science). Nous sommes ainsi placés face à un enseignant qui, lors du test, évalue bien ce qu'il enseigne (des connaissances notionnelles et/ou des dispositifs expérimentaux à mémoriser). Tout se passe comme s'il s'agissait de réussir le test plutôt que d'apprendre à faire des sciences. Ces manières de faire mettent ainsi au jour certaines représentations de l'évaluation chez cet enseignant et in fine, de ce qui vaut dans l'apprentissage (scientifique).

DES PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Le cas de Giselle, spécialiste de sa discipline, sera analysé en suivant la même méthodologie d'analyse. Nous essaierons de comprendre comment se construit le jugement professionnel et didactique en évaluation et comment se manifeste chez elle la gestion des épisodes évaluatifs.

Nous prévoyons de présenter deux épisodes, dans une approche comparatiste, pour chacun des cas. La mise en perspective des deux cas permettra de dégager des généralités dans les logiques évaluatives de la démarche scientifique de ces deux enseignants.

Cette comparaison nous permettra d'ouvrir des perspectives de recherche concernant l'impact des prescriptions primaires (programmes) et des épistémologies pratiques des enseignants (Sensevy, 2011) sur les pratiques d'évaluation de la démarche scientifique en classe et les logiques évaluatives à l'oeuvre.

BIBLIOGRAPHIE

- Allal, L. (2011). Pedagogy, didactics, and the co-regulation of learning. *Research Papers in Education*, 26, 329-336.
- Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B. & Williams, D. (2003). *Assessment for learning. Putting it into practice*. Maidenhead: Open University Press.
- CIIP Conférence Intercantonale de L'instruction Publique de la Suisse romande et du Tessin. (2010). *PER Plan d'Etude Romand*. Neuchâtel: CIIP.
- Charters, E. (2003). The Use of Think-aloud Methods in Qualitative Research. An Introduction to Think-aloud Methods, *Brock Education*, 12(2), 68-82.
- Dechamboux, L. (2016). L'activité évaluative lors de la correction de contrôles écrits. In L. Mottier Lopez & W. Tessaro (Eds.), *Le jugement professionnel, au cœur de l'évaluation et de la régulation des apprentissages*. (pp. 51-72). Bern : Peter Lang.
- Ducrey Monnier, M., Leparreur, C. & Marlot, C. (2019). *Élaboration d'un cadre méthodologique pour l'analyse des pratiques d'évaluation dans l'enseignement des sciences à l'école primaire*. Colloque ADMEE, 8 au 10 janvier, Université de Lausanne.
- Harlen, W. (2005). Teachers' summative practices and assessment for learning – tensions and synergies, *The Curriculum Journal*, 16,(2), 207-223, DOI: 10.1080/09585170500136093
- Harlen, W. (2013). *Assessment and inquiry-based science education: Issues in policy and practice*. Trieste: Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Program (SEP).
- Laveault, D. & Allal, L. (2016). Implementing assessment for learning: Theoretical and practical issues. In D. Laveault & L. Allal (Eds.), *Assessment for learning: Meeting the challenge of implementation* (pp. 1-18). Cham : Springer International.
- Marlot, C. & Morge, L. (2016). *L'investigation scientifique et technologique : comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire*. Rennes : Presses Universitaire de Rennes.
- Mercier, A. & Salin, M.H. (1998). *L'analyse à priori, outil pour l'observation*. École thématique. Université d'Été de Didactique des Mathématiques, Olivet, France.
- Mottier Lopez, L. (2015). *Evaluations formative et certificative des apprentissages*. Bruxelles : De Boeck.
- Passeron, J.C & Revel, J. (2005). *Penser par cas. Raisonner à partir de singularités*. Paris : Editions de l'école des hautes études en sciences sociales.
- Sayac, N. (2017). *Approche didactique de l'évaluation et de ses pratiques en mathématiques : enjeux d'apprentissages et de formation*. Habilitation à diriger des

recherches, Université Paris Diderot - Paris 7, 2.
 Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
 Tiberghien, A. Buty, C. & Le Marechal, J.F (2005). Physics teaching sequences and students' learning. In D. Koliopoulos, A. Vavouraki (Eds), *Science and technology Education at crossroads: meeting the challenges of the 21st century. The second conference of EDIFE and the second IOSTE Symposium in southern Europe*. (pp. 25 – 55). Athens, Greece: Association for science education (EDIFE),

ANNEXE : EXERCICE 9 DU TEST SOMMATIF DE DAMIEN

9. Lis bien l'expérience faite ci-dessous.

EXPÉRIENCE :

Question :

Comment les aliments peuvent-ils passer à travers la paroi de l'intestin ?

Matériel :

- | | | |
|------------------|-----------|----------------|
| - Bande de gaze | - Bassine | - Pilon et bol |
| - pomme de terre | - Verre | - Eau |

Protocole :

J'écrase la pomme de terre cuite avec le pilon dans le bol. J'ajoute de l'eau pour que cela forme une purée.
 Je fais passer cette purée à travers la bande de gaze au-dessus de la bassine.

Observation :

Une grande partie de la pomme de terre traverse la bande de gaze. Une petite partie reste dans la bande de gaze et ne traverse pas.

Quelle conclusion peux-tu déduire de cette expérience par rapport à la digestion des aliments ?

Attention d'être clair et complet dans ta conclusion et d'utiliser les mots suivants :

Sucs digestifs – aliments – nutriments – sang – intestin – paroi - déchets

ANALYSE DE SÉANCES « ORDINAIRES » INTÉGRANT L'HISTOIRE DES SCIENCES

REGARDS CROISÉS SUR QUATRE PRATIQUES ENSEIGNANTES

EN SCIENCES ET EN MATHÉMATIQUES

Patricia Crepin-Obert¹, Sophie Canac¹, Renaud Chorlay¹

Camille Roux¹, Nicolas Decamp¹, Sandra Javoy^{1,2}, Isabelle Kermen¹

1 : Laboratoire de didactique André Revuz (LDAR) Université Paris Diderot - Paris 7

2 : Université d'Orléans

Résumé : À l'heure où l'histoire des sciences fait une entrée remarquée dans les programmes d'enseignement scientifique du cycle terminal, nous présentons ici une analyse de séances « ordinaires » intégrant des éléments historiques pour quatre enseignants différents relevant de trois disciplines scolaires (les mathématiques, la physique-chimie et les sciences de la vie et de la Terre). Nous cherchons en particulier à déterminer ce qui incite ces enseignants à intégrer de l'histoire des sciences dans leurs cours, les fonctions qu'ils lui attribuent, le degré d'imbrication des éléments historiques et scientifiques dans les tâches proposées aux élèves et le type de connaissances que ces tâches permettent de construire lorsqu'elles intègrent des éléments historiques. Nous mobilisons pour cela le cadre de la double approche didactique et ergonomique (Robert & Rogalski, 2002) et nous nous appuyons d'une part, sur les enregistrements vidéos de ces séances et d'autre part, sur des entretiens ante et post séance, ainsi que sur des entretiens d'auto-confrontation.

Mots-clés : Histoire des sciences, séances ordinaires, pratiques enseignantes, DADE.

ANALYSIS OF «ORDINARY» TEACHING SESSIONS

INTEGRATING HISTORY OF SCIENCE

CROSS-ANALYSIS OF 4 TEACHING PRACTICES IN SCIENCE AND MATHEMATICS

Abstract: As history of science appears ever more significantly in the latest high-school curricula, we present an analysis of «ordinary» sessions integrating historical elements, for 4 different teachers and in 3 school disciplines (mathematics, physics-chemistry, life-and-earth-sciences). In particular, we seek to determine what motivates these teachers to integrate history of science into their teaching, what the function they assign to it, how the historical and scientific elements are intertwined in the tasks assigned to the students, and what the type of knowledge construction is aimed for in tasks integrating historical elements. For this purpose, we use the DADE theoretical framework (Robert & Rogalski, 2002) to study the empirical data (recordings of the sessions, pre- and post-interviews with the teachers).

Keywords : History of science, «ordinary» teaching, teaching practices, DADE.

CONTEXTE

La réforme des programmes de 2019 affirme pleinement l'importance de l'intégration d'éléments historiques dans l'enseignement des sciences ou des mathématiques. En sciences, cette intégration confirme une tendance ancienne déjà engagée dans les programmes de 2010 et dont la fonction, selon de Hosson et Schneeberger (2011), est principalement de nature socio-culturelle (contexte économique, social et culturel de la construction des savoirs scientifiques et de leur évolution) et épistémologique (nature de la science, de l'activité scientifique, mode d'élaboration des savoirs). Maurines et Beaufiles (2011) relèvent par ailleurs un manque de ressources pédagogiques historiques à destination des enseignants scientifiques du secondaire. En mathématiques, l'introduction d'éléments historiques est une relative nouveauté, avec un accent mis sur l'histoire des notions. Même si les injonctions institutionnelles sont fortes, les enseignants restent cependant peu formés à l'utilisation de l'histoire des sciences et des mathématiques dans leurs enseignements.

Du point de vue de la recherche en didactique, les premières études sur les liens entre enseignement et histoire des sciences avaient une orientation de nature épistémologique ; elles ont été suivies de la création de séquences d'enseignement-apprentissage intégrant des éléments historiques et de l'évaluation de leur impact sur les élèves (de Hosson & Schneeberger, 2011 ; Martinand, 1993). Cependant, à notre connaissance, peu de recherches ont jusqu'alors porté en France sur l'étude des pratiques enseignantes lors de séances intégrant l'histoire des sciences.

CADRE THÉORIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Dans cette recherche visant à analyser les pratiques ordinaires d'enseignants du secondaire déclarant utiliser des matériaux historiques en classe, nous mobilisons le cadre théorique et méthodologique de la double approche didactique et ergonomique ou DADE (Robert & Rogalski, 2002). Cette approche systémique des composantes de l'activité enseignante, intégrant ici des éléments d'histoire des sciences ou des mathématiques, doit permettre l'identification de déterminants de ces pratiques. Nous nous attacherons en particulier à étudier la place accordée à ces séances (marginales ou récurrentes), les modalités d'enseignement alors mises en œuvre (notamment la nature des sources historiques mobilisées et leurs usages) et les intentions des enseignants au regard des injonctions institutionnelles (les fonctions qu'ils assignent à ces séances sont-elles de nature culturelle, épistémologique ou notionnelle et ces séances sont-elles considérées comme des leviers d'apprentissage ou génèrent-elles des difficultés d'apprentissage ?).

Nous retenons la problématique suivante : pourquoi et comment des enseignants du secondaire intègrent-ils des éléments d'histoire des sciences dans leur enseignement ? Les questions de recherche auxquelles notre étude tente ainsi de répondre sont précisées :

QR1 : Qu'est-ce qui incite les enseignants à intégrer de l'histoire des sciences ou des mathématiques et quelles fonctions lui attribuent-ils ?

QR2 : L'étude des tâches prescrites invite à considérer deux questions :

- QR2a : À l'échelle de la séance, quelle imbrication entre histoire des sciences ou mathématiques et sciences ou mathématiques, peut être relevée dans la gamme des tâches dévolues aux élèves ?
- QR2b : Parmi les tâches intégrant des éléments historiques, quels types de connaissances sont potentiellement construites - connaissances historiques, notionnelles, épistémologiques, ou socio-culturelles - et comment ?

TERRAIN ET MÉTHODE

Nous avons mené une étude de terrain entre janvier 2018 et janvier 2019, auprès de quatre enseignants volontaires d'un lycée parisien de trois disciplines scolaires différentes, de profils personnels très contrastés (ancienneté, implication syndicale ou dans le monde de l'édition de manuels scolaires ou à l'Institut Français de l'Éducation, connaissance du monde de la recherche ou non). Notre corpus est constitué d'enregistrements audio et vidéo de quatre séances ordinaires portant sur des thèmes différents. Nous entendons par séance ordinaire, une séance que l'enseignant a conçue sans aide du groupe de chercheurs, didacticiens de toutes les disciplines concernées par cette étude ; elle peut être habituelle car récurrente pour certains enseignants. Chaque séance a été encadrée d'entretiens courts pour identifier les intentions déclarées par l'enseignant vis-à-vis de l'usage de l'histoire des sciences ou des mathématiques dans sa séance, ainsi que les modalités mises en œuvre. Chaque séance a également été suivie d'un entretien long différé d'auto-confrontation simple (Clot, 1999) à des extraits vidéos de la séance menée, choisis par l'enseignant, afin notamment de revenir sur la réalisation des objectifs déclarés lors de l'entretien pré-séance et sur les activités effectives et les réactions des élèves.

Pour répondre à QR1, les entretiens ont été analysés afin d'identifier les motivations de l'enseignant, ainsi que les fonctions assignées aux éléments d'histoire, à partir d'une grille à quatre dimensions. Ces dimensions concernent la nature des raisons fournies par les enseignants et les objectifs qu'ils déclarent pour cette séance. La nature des raisons, institutionnelle, sociale ou personnelle, est liée à celle des déterminants des pratiques de la DADE et les objectifs des enseignants sont caractérisés en termes de types de connaissances visées. Chaque entretien a été analysé par un chercheur, ses catégorisations ont été discutées jusqu'à obtention d'un consensus entre chercheurs.

L'analyse des vidéos, complétée par celle des entretiens, permet de reconstruire les scénarios d'enseignement projetés et de les comparer aux scénarios réalisés, pour apporter des éléments de réponse à QR2. In fine, elle vise à permettre la reconstruction des logiques d'actions des enseignants.

Les tâches confiées aux élèves sont analysées à deux niveaux ; chacun d'entre eux visant à éclairer la spécificité de séances intégrant des éléments historiques. Au niveau de la gamme des tâches proposées lors de la séance (QR2a), nous examinons dans quelle mesure celles intégrant des éléments historiques participent à la construction d'une trajectoire cognitive cohérente, au sein de laquelle les éléments se répondent de manière fonctionnelle. Au niveau des tâches qui intègrent des éléments historiques (QR2b), nous caractérisons le type de connaissances dont on peut a priori faire l'hypothèse qu'elles sont porteuses.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

INTÉGRER UNE DIMENSION HISTORIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT :

MOTIVATIONS ET FONCTIONS CONVOQUÉES

Le tableau ci-dessous permet une première comparaison des éléments mis en avant par les quatre enseignants au cours des entretiens ante et post.

Séance	Mathématique :	Géologie :	Biologie :	Physique :
Dimensions	Algorithme par F en 2nde	Tectonique par C en 1reS	Vaccination par V en TS	Radioactivité par S en TS
Institutionnelle (programmes)	HS non attendue dans le BO Etudier et programmer des algorithmes d'approximation	Respecter le BO : Histoire d'un modèle Remobiliser des notions de la tectonique globale, abordées au collège et préparer les élèves aux évaluations du BAC	HS non attendue dans le BO pour cette notion, mais répondre au préambule des programmes Remobiliser des notions d'immunologie	Remobiliser des notions de 1reS abordées en PC nécessaires en SVT (Term S, radiochronologie des roches) Contextualiser par l'HS seulement après acquisition des notions
Sociale (collègues et élèves)	Travail individuel, voire solitaire Partager son émerveillement devant les mathématiques et enrichir l'image des mathématiques : ancienté, histoire non-linéaire.	Travail en collaboration initialement avec une collègue de SVT Servir de levier aux difficultés des élèves Risquer (1) de leur faire intégrer des idées fausses (2) des anachronismes	Travail individuel ici, mais enseignante motrice dans son équipe pour mobiliser l'HS Développer une argumentation en réaction aux représentations et attitudes de certains élèves « antivax »	Travail en collaboration avec des collègues de SVT (datation) et de mathématiques (exponentielle) Séance marginale au cours proprement dit
Personnelle (intérêts personnels)	Appétence pour l'HS, en particulier l'histoire des mathématiques babyloniennes et sumériennes et ses civilisations	Au départ, pas d'intérêt pour l'HS Appétence récente	Appétence pour l'HS (découverte au sein d'activités syndicales), en particulier pour l'histoire de la vaccination et de Pasteur	Appétence pour les femmes de sciences, compréhension des sciences et du monde actuel à partir de leur histoire
Objectifs (types de connaissances visées : H historiques N notionnelles E épistémologiques S socio-culturelles A autres)	H science babylonienne N bases de numération, algorithme d'approximation A changer le rapport au savoir en mathématiques des élèves	N modèle E nature de la science et de l'activité scientifique, mode d'élaboration d'un savoir A changer le rapport au savoir en géologie, mal aimée des élèves	H découverte de la vaccination et popularisation N immunologie E nature de la science et de l'activité scientifique S question socialement vive de la vaccination	E nature de la science S place des femmes en sciences et du nucléaire dans le monde

Tableau 1. : Raisons d'intégrer l'HS, déclarées par les enseignants.

À partir de ce tableau, nous repérons quatre points saillants. Premièrement, la distance envers la demande institutionnelle varie significativement, entre le cas de C - dont l'objectif et le contenu de la séance sont dictés par le programme - et les trois autres enseignants qui font le choix d'intégrer des éléments historiques alors qu'ils ne sont pas prescrits. Cependant, aucun de ces trois enseignants ne rompt complètement avec les injonctions institutionnelles, même à l'échelle d'une séance, et tous peuvent mettre en avant des liens spécifiques avec des objectifs explicitement au programme. Deuxièmement, parmi les groupes sociaux considérés comme influençant l'activité dans les travaux relevant de la DADE figurent ceux liés à l'établissement (collègues, élèves) ou à la discipline (e.g. les enseignants de physique-chimie). Le cas de V, dont l'engagement syndical a été à l'origine de sa formation à l'histoire des sciences, suggère que d'autres groupes peuvent être déterminants. Troisièmement, le discours de F, S et V sur les fonctions assignées aux éléments historiques, montre qu'ils ont une appétence qui les a conduits au cours de leur carrière à stabiliser des choix d'usage. Par exemple, F et S sont sceptiques face à l'usage d'éléments historiques dans des activités de découverte ou d'introduction de notions nouvelles ; ils s'écartent ainsi des suggestions institutionnelles. Par contre, C est ouverte à toute recommandation d'usage de l'histoire des sciences, peut-être en raison de son appétence récente déclarée. Quatrièmement, l'importance relative des différents objectifs de connaissances peut varier en fonction des réactions des élèves. Ainsi, V annonce lors du pré-entretien son objectif majeur, la compréhension des bases biologiques de la stratégie vaccinale, en vue de contrecarrer l'opinion d'élèves « antivax » de sa classe. Lors de l'entretien d'autoconfrontation, elle réalise que les questions d'élèves en réaction aux documents historiques l'ont conduite à des développements épistémologiques plus importants que prévus.

ANALYSE DES DÉROULEMENTS DES SÉANCES

Pour aborder les réponses à QR2, la description du déroulement de chaque séance est résumée dans le tableau ci-dessous, en spécifiant les épisodes intégrant des matériaux historiques et en indiquant, pour chacun d'eux, les types de connaissances visées.

Tableau 2 : Description des déroulements des séances avec mention des éléments historiques proposés

Séance	Mathématique : Algorithme par F en 2nde	Géologie : Tectonique par C en 1res	Biologie : Vaccination par V en TS	Physique : Radioactivité par S en TS
Épisodes de la séance précisés par la nature des tâches et la forme du travail. Indication des types de connaissances potentiellement construites H historiques N notionnelles E épistémologiques S socio-culturelles dans les tâches avec éléments historiques	(1) (15min) Écoute d'un cours magistral appuyé par un diaporama sur la civilisation sumérienne et babyloniennes, avec un focus progressif sur les mathématiques (H) (2) (20min) Étude mathématique d'un document historique, sur une fiche d'exercice (N, H) (3) (20min) Découverte d'un algorithme d'approximation de $\sqrt{2}$ dont le principe est présenté par l'enseignant, avant que les élèves n'aient à le programmer sur leur calculatrice	(1) (11min) Explication en classe dialoguée des notions scientifiques du titre annoncé, visant soit la remobilisation des savoirs supposés acquis en 4ème de collège - tectonique, plaque - soit la définition d'un modèle et ses caractéristiques, donnée dans les prescriptions (2) (35min) Analyse d'iconographies historiques (paléogéographie, modèle des géosynclinaux de M. Bertrand, modèle des ponts continentaux et de la « pomme ridée » d'E. Suess au XIXe), dirigée par un exposé de l'enseignant (E, N, H) (3) (14min) Analyse par binôme de planisphères actuels, porteurs chacun d'un argument empirique mobilisé par Wegener en faveur de sa théorie de translation continentale - les tracés des côtes ; la distribution géographique de certains fossiles et des paléoclimats ; la structure et l'âge des anciens cratons (E, N) (4) (20min) Présentation orale de chaque argument par un élève, corrigée par l'enseignant (5) (6min) Validation ou invalidation de la compatibilité entre les quatre arguments empiriques de Wegener et la théorie opposée des ponts continentaux de Suess (E, N, H)	(1) (30 min) Ecoute d'un exposé sur l'histoire de la vaccination en classe dialoguée ; projection d'images, commentées par l'enseignante, de sources historiques variées (tableaux représentant la vaccination par Jenner, caricatures de presse des effets de la vaccination du début du 19ème siècle, gravure de vaccination par Pasteur en Alsace, microphotographies du choléra des poules par Pasteur, captures d'écran de sites internet de journaux d'actualité) (H, N, E, S) (2) (60min) cours TD Phénotype immunitaire au cours de la vie Remplissage d'un polycopté à trous Analyse de documents par groupe Construction d'un schéma bilan	(1) (15 min) Visualisation de documents sélectionnés par S (films d'actualité de l'INA sur Marie Curie, Lise Meitner et Irène Joliot-Curie, puis animation proposée sur le site du CEA et présentant un historique des grandes découvertes dans le domaine de la radioactivité) (H, S) (2) (5 min) Réalisation d'un tableau à partir d'une animation du CEA (Mesures d'activité naturelle) (3) (20 min) Échanges professeur-élèves à partir des documents présentés dans la partie 1 Élaboration d'une frise historique (H) Comprendre la place des femmes dans la recherche scientifique (émission de radio sur I. Joliot-Curie) (S) Comprendre l'importance actuelle, ou pas, du nucléaire dans plusieurs pays (projet Manhattan) (S) (4) (20 min) « Cours » sur la radioactivité et résolution d'un exercice sur la datation.

En réponse à QR2a, cette synthèse nous permet de noter des imbrications entre histoire des sciences ou des mathématiques et sciences ou mathématiques, différentes d'une séance à l'autre. L'imbrication est forte durant toute la séance de C, mais non explicitée aux élèves. Le choix didactique d'une mise en contexte de l'étude du raisonnement de Wegener (épisodes 3 et 4) a dirigé les épisodes 2 et 5 de l'enseignante. Les divers objectifs de connaissances visées - notionnelles, historiques et épistémologiques - sont exposés à travers la controverse entre le cadre permanentiste de l'époque et la théorie mobiliste de Wegener, ce qui donne une certaine cohérence à la séance globale. L'imbrication est effective dans l'un des épisodes des séances de F et V. Avec F, les élèves doivent mobiliser leurs connaissances mathématiques pour émettre des hypothèses sur le contenu d'une tablette babylonienne. Les questions adressées par V à ses élèves autour de l'interprétation d'expériences et des méthodes scientifiques historiques (Jenner et Pasteur) par rapport aux normes actuelles d'expérimentation, permettent la révision de notions scientifiques en immunologie. Peu d'imbrication est relevée dans la séance proposée par S. Les moments en lien avec l'histoire des sciences sont déconnectés de la partie où l'enseignante reprend les notions du programme autour de la radioactivité, au début de laquelle elle dit passer « véritablement au cours ».

Ce qui précède nous conduit à parler de degré d'imbrication entre histoire des sciences ou des mathématiques et sciences ou mathématiques dans les séances. À cet égard, les positions extrêmes de C et S peuvent être reliées à leur réflexion sur l'utilisation de l'histoire des sciences en classe. C indique que les connaissances actuelles des élèves peuvent fausser l'interprétation des matériaux historiques (anachronisme), tandis que pour S, les connaissances scientifiques sont nécessaires aux élèves pour aborder les matériaux historiques.

En réponse à QR2b, nous notons une diversité des choix opérés par les enseignants concernant l'utilisation des sources historiques et le type de connaissances visées. L'étude des déroulés montre un contraste : certains ont une visée principalement notionnelle, associée à une mise en activité autonome des élèves (C et F) et d'autres ont une visée essentiellement socio-culturelle, associée à un mode de classe dialoguée (V et S). Pour illustration à l'échelle d'un épisode, F offre un document brut aux élèves - une tablette d'argile sur laquelle semble tracée une figure géométrique associée à quelques lignes en écriture cunéiforme. Les élèves sont mis en position d'« experts » : ils devraient identifier dans leurs connaissances mathématiques, les éléments leur permettant de faire des hypothèses sur le contenu du document. Guidés par des questions et quelques informations apportées progressivement par l'enseignant, ils seraient ensuite amenés à réviser ou raffiner les hypothèses. Cette tâche est potentiellement porteuse d'une activité de construction de connaissances mathématiques (sur les bases de numération) et historiques (numération babylonienne). Or, le déroulement a montré un faible enrôlement des élèves dans la tâche. Dans une tâche prévue par S, les élèves auraient dû mettre en relation deux familles de documents - historiques et contemporains - pour formuler une hypothèse sur les causes de l'inégale répartition du nucléaire civil dans le monde. En définitive, l'enseignante a pris en charge l'essentiel du travail d'analyse documentaire, ce qu'elle qualifie dans l'autoconfrontation de « cours descendant », en contraste avec ses habitudes déclarées.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La logique d'action de chaque enseignant que nous inférons de nos premières analyses est la suivante. Pour C, le déterminant institutionnel sous-tend l'action de l'enseignante qui répond au focus historique prescrit, donnant une cohérence globale entre histoire des sciences et sciences

dans le déroulé de sa séance. Pour F, le déterminant personnel explique son choix d'une période historique qu'il privilégie et dont il veut faire découvrir les notions mathématiques à ses élèves. L'observation des séances de S et V montre la prédominance des composantes sociale et personnelle de leurs pratiques.

L'un des enjeux de cette première étude de pratiques « ordinaires » intégrant l'HS, était de mettre à l'épreuve des outils généraux d'analyse des pratiques enseignantes pour répondre à des questions spécifiques à l'usage de matériaux historiques. L'étude des quatre cas, dans un cadre commun fécond, invite à questionner l'existence de corrélations d'une part, entre le type de connaissances visées et les modalités de travail observées et d'autre part, entre la nature des documents historiques et le type de tâches prescrites. Le focus étant mis ici sur l'activité des enseignants, il reste à explorer les activités réelles des élèves durant la mise en œuvre de tels scénarios.

BIBLIOGRAPHIE

- Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail*. Paris : PUF.
- de Hosson, C. & Schneeberger, P. (2011). Orientations récentes du dialogue entre recherche en didactique et histoire des sciences. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 3, 9-20.
- Martinand J.L. (1993). Histoire et didactique de la physique et de la chimie : quelles relations ? *Didaskalia*, 2, 89-99.
- Maurines, L. & Beaufiles, D. (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement : l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 3, 271-305.
- Robert, A. & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2 (4), 505-528.

ANALYSE DU DISCOURS D'UNE ENSEIGNANTE DE SVT DANS LE CADRE DU DISPOSITIF DE SCIENCES PARTICIPATIVES VIGIE-NATURE ÉCOLE

Corinne Fortin^{1,2}, Camille Roux², Sébastien Turpin⁴, Leslie Regad⁵,
Patricia Crepin-Obert^{1,2}, Robin Bosdeveix⁷

1 : INSPÉ-UPEC/LDAR

2 : Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR) UPEC

4 : MNHN

5 : INSERM Paris-Diderot (INSERM)

7 : Ministère de l'Éducation nationale

Résumé : Cette communication présente l'état d'une recherche en cours sur la pratique d'une enseignante de sciences de la vie et de la Terre (SVT) mobilisant un dispositif de sciences participatives « Vigie-Nature École » (VNE), pendant une séance sur la biodiversité (en classe de cinquième). Nous cherchons à comprendre ce qui se joue ou est susceptible de se jouer en termes de pratique enseignante effective. Nous avons choisi de cibler un point particulier de la pratique enseignante, en analysant la dynamique du discours d'une enseignante pour une même séance, auprès des 3 demi-groupes d'élèves successifs dans une matinée. Nous questionnons les constantes et les variations langagières, déterminées par des analyses lexicales, comme éléments structurants de la dynamique du discours de l'enseignante en fonction des demi-groupes.

Mots-clés : sciences participatives, analyse lexicale, biodiversité, pratiques effectives, discours

ANALYSIS OF A SVT TEACHER'S DISCOURSE WITHIN THE FRAMEWORK OF FRENCH CITIZEN SCIENCE PROGRAM VIGIE-NATURE ÉCOLE

Abstract : This paper aims to present the state of an ongoing research on the practice of a biology teacher who illustrates her session on biodiversity (in eight grade) by mobilizing a participatory science project «Vigie-Nature École» (VNE). We seek to understand what is or is likely to be played out in terms of effective teaching practice. We have chosen to target a particular point of teacher practice by analysing the dynamics of a teacher's discourse for the same session, with 3 successive half groups of students in a morning. We question the discursive constants and variations, through lexical analyses, as structuring elements of the teacher's discourse dynamics in relation to the half-groups.

Keywords : Participatory sciences, biodiversity, lexical analyses, discourse, effective practice

INTRODUCTION

Dans le cadre du dispositif de sciences participatives « Vigie-Nature École » (VNE) lancé en 2012 par le Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (MNHN), les élèves réalisent des observations sur le terrain en respectant un protocole précis, recueillant ainsi des données qui sont ensuite transmises aux chercheurs du MNHN dans le but d'étudier l'impact des changements climatiques sur la biodiversité. Ce dispositif vise l'acquisition de compétences scientifiques ainsi que la sensibilisation des élèves à la préservation de la biodiversité.

Notre recherche s'inscrit dans le prolongement d'une précédente étude sur les pratiques déclarées d'enseignants ayant participé au dispositif VNE (Bosdeveix *et al.*, 2018), mais cette fois-ci, nous nous intéressons aux pratiques effectives des enseignants.

La présente communication correspond à un état de la recherche en cours et interroge ici spécifiquement la pratique d'une enseignante de sciences de la vie et de la Terre (SVT), au travers de son activité langagière, lors d'une séance sur la biodiversité, mobilisant un protocole VNE, en classe de 5ème.

CADRE THÉORIQUE

Selon la classification de Bonney (2009 ; 2014), le dispositif VNE relève d'un projet qualifié de contributif dans la mesure où les élèves collectent des données pour les chercheurs du MNHN à partir d'un protocole conçu et élaboré par des scientifiques.

Si la mise en œuvre du protocole doit être impérativement respectée, l'enseignante garde la maîtrise de son projet pédagogique, de la conception à la réalisation, par le pilotage d'activités en classe et sur le terrain. Nous cherchons à appréhender la logique d'action de l'enseignante pour comprendre les visées éducatives des activités proposées aux élèves dans le cadre de VNE (Rogalski & Robert, 2002). Nous considérons que le discours de l'enseignante en direction des élèves constitue de possibles traces d'un contenu en actes (Reinert, 2008).

OBJECTIF DE LA RECHERCHE

Notre recherche vise à comprendre ce qui se joue, ou est susceptible de se jouer, dans l'activité langagière en termes de pratique effective dans le cadre du dispositif VNE.

Notre intention première était d'analyser une séquence entière sur la thématique de la biodiversité pour un même groupe d'élèves mais, suite aux premières observations, nous avons pu constater que, pour une même séance, le discours de l'enseignante variait en fonction des demi-groupes qui se succédaient dans la matinée. Dans cette communication, nous avons choisi de cibler ce point particulier de la pratique enseignante en questionnant les constantes et les variations langagières comme éléments structurants de la dynamique du discours de l'enseignante en fonction des demi-groupes.

CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Nous avons suivi une enseignante expérimentée et investie dans le dispositif VNE depuis 6 ans. Elle exerce dans un lycée disposant d'un jardin patrimonial, entretenu par une jardinière de la ville de Paris.

Sa séquence sur la biodiversité (cycle 4, MEN 2015, 2018) est déclinée en quatre séances :

- La séance 1 est une première approche de la biodiversité locale. L'enseignante propose aux élèves une analyse de documents sur l'histoire du jardin de l'établissement depuis 1820 et sur les espèces « invasives » qui y sont présentes (frelon asiatique, perruche à collier).
- La séance 2 est dédiée à l'évaluation de la biodiversité. L'enseignante présente le dispositif VNE dans le but d'évaluer le nombre d'individus d'une espèce donnée en s'appuyant sur le protocole « Oiseaux des jardins » et son livret de détermination. S'ensuit une sortie des élèves dans le jardin pour identification et comptage. En fin de séance, l'enseignante transmet, elle-même, les résultats au MNHN.
- Les séances 3 et 4 sont consacrées à la mise en œuvre du protocole « Spipol¹ ». Les élèves réalisent les étapes d'identification et de comptage des insectes pollinisateurs sur le terrain, puis transmettent les données au MNHN via le site VNE en salle informatique.

MÉTHODOLOGIE

RECUEIL DES DONNÉES

Nous avons sélectionné la séance 2, car nous y avons observé, chez l'enseignante, de nombreuses variations langagières pour chacun des trois demi-groupes.

Le corpus est ainsi constitué des retranscrits des enregistrements audio du discours de l'enseignante (avec les interventions des élèves) pour une durée de trois fois 55 minutes.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Dans un premier temps, nous avons réalisé une analyse séquentielle pour identifier la scénarisation et vérifier si les séances sont constituées, pour chaque demi-groupe, par un enchaînement de mêmes épisodes. Puis, nous avons comptabilisé les nombres de mots de l'enseignante et des élèves, par épisode et par demi-groupe. Il s'agit de vérifier si le débit de parole de l'enseignante est sensiblement le même pour chaque demi-groupe, en s'appuyant sur la fréquence lexicale afin de connaître la ventilation des mots par épisode, ce que le seul temps de parole n'aurait pas permis d'évaluer.

Dans un second temps, nous avons outillé l'analyse de la comparaison du discours de l'enseignante, à l'aide du logiciel IraMuTeQ 07.alpha 2 (Marchand & Ratinaud, 2012) en utilisant la méthode de l'analyse des similitudes. Grâce à la mise en relation des cooccurrences dans le corpus, cette analyse permet de construire une représentation graphique sous la forme d'un réseau de connexions entre les mots les plus co-occurents que nous qualifions, ici, de mots-pivots. À chaque mot-pivot, d'autres mots, moins co-occurents, sont rattachés. L'ensemble forme ainsi une communauté lexicale. Les connexions entre les mots-pivots sont matérialisées par des branches dites principales dont l'épaisseur de trait caractérise leur proximité. Les mots d'une même communauté lexicale sont rattachés les uns aux autres par des branches secondaires ; cette communauté est indiquée par une zone colorée sur la représentation graphique.

Ainsi, nous pouvons accéder au registre, aux relations lexicales et disposer d'éléments de comparaison, notamment identifier les invariants et les variations du discours de l'enseignante en fonction de la succession des demi-groupes.

1 Spipol : acronyme de Suivi photographique des insectes pollinisateurs

RÉSULTATS ET DISCUSSION

SCÉNARIO ET ORGANISATION DE LA SÉANCE 2

Au vu de la comparaison des trois demi-groupes (tabl.1), il apparaît que l'enseignante conserve la même scénarisation avec un découpage identique de la séance : mêmes épisodes et dans le même ordre.

On note cependant que, du demi-groupe 1 au demi-groupe 3 :

- le temps consacré à la sortie de terrain (épisode 4) augmente ;
- le nombre de mots de l'enseignante diminue dans l'épisode 1 et, dans une moindre mesure, dans l'épisode 2
- le nombre de mots de l'enseignante est sensiblement le même dans l'épisode 3.

Ainsi, l'enseignante réajuste son discours entre les trois demi-groupes pour favoriser la sortie sur le terrain, tout en conservant, en l'état, l'épisode 3 dédié à l'entraînement de l'identification des espèces.

Épisodes de la séance 2	Scénario de la séance 2	Demi-groupe n°1 53 min en classe		Demi-groupe n°2 32 min en classe		Demi-groupe n°3 17 min en classe	
		N.M.ens	N.M.él	N.M.ens	N.M.él	N.M.ens	N.M.él
Épisode 1	Rappel de la séance n°1 Questionnement : comment évaluer la biodiversité ?	2414	382	1333	175	962	273
Épisode 2	Présentation du protocole « Oiseaux des jardins » du MNHN (vidéo & livret de détermination)	507	85	351	10	389	28
Épisode 3	Entraînement à l'identification des espèces	995	276	1072	124	984	295
Épisode 4	Sortie dans le jardin par groupes de 4 élèves en autonomie	Temps dans le jardin : 5 min		Temps dans le jardin : 23 min		Temps dans le jardin : 35 min	
Épisode 5	Transmission des données à VNE par l'enseignante	Réalisée lors de l'intercours pour les 3 groupes					

Tableau 1 : Nombre de mots en fonction de chaque demi-groupe
(N.M.ens : Nombre de mots enseignante ; N.M.él : Nombre de mots élèves)

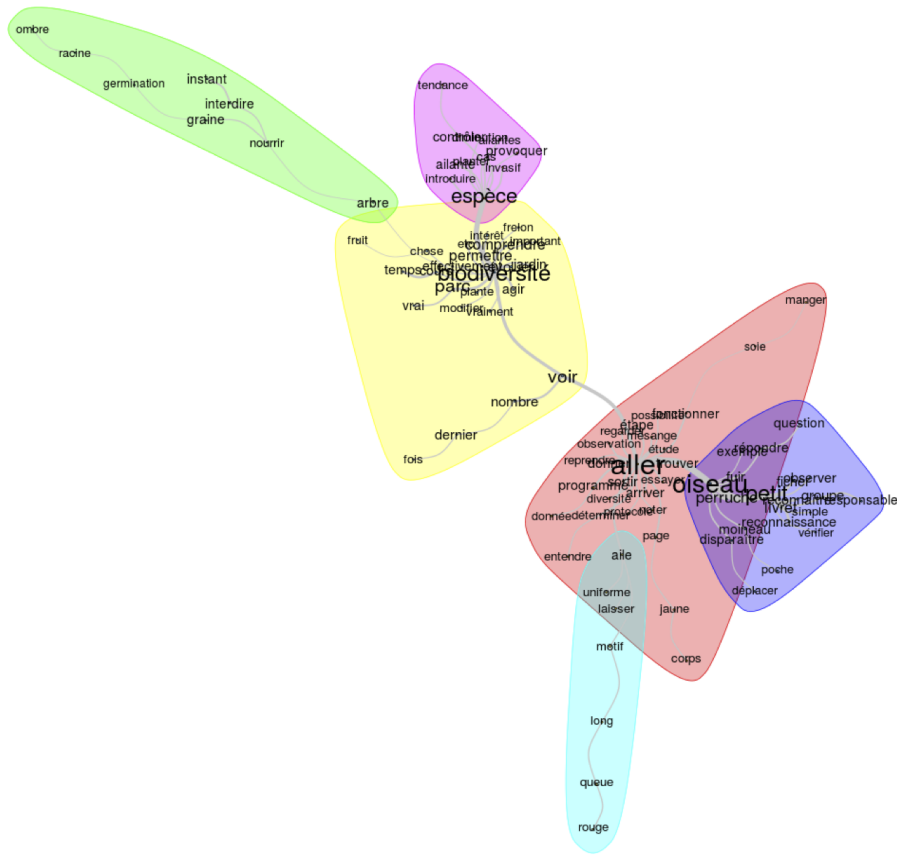


Fig 2 : Analyse des similitudes correspondant à la séance 2 du demi-groupe 2.

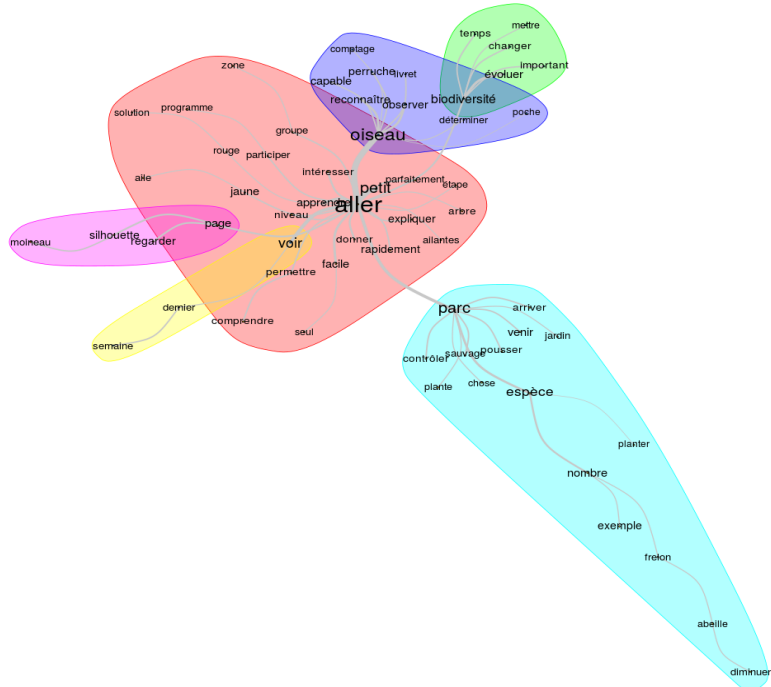


Fig 3 Analyse des similitudes correspondant à la séance 2 du demi-groupe 3.

Ces observations peuvent être mises en correspondance avec l'organisation du discours de l'enseignante. On note, par exemple, que la communauté lexicale rattachée au mot-pivot « ESPECE » diminue dans le demi-groupe 2 et disparaît dans le demi-groupe 3. Le mot « ESPECE » est désormais inclus dans la communauté lexicale du mot-pivot « PARC » et perd de facto son statut de mot-pivot qu'il avait dans les demi-groupes 1 et 2. On note d'autre part, que la communauté lexicale rattachée au mot-pivot « OISEAU » contient des mots communs aux trois demi-groupes comme « LIVRET », « COMPTER » et « OBSERVER » que l'on peut associer au protocole « Oiseaux des jardins ». Mais on note aussi des spécificités pour chacune des communautés lexicales des trois demi-groupes. Par exemple, dans le demi-groupe 1, cette communauté est relativement autonome, puisque seul le mot « OISEAU » est inclus dans la communauté lexicale « ALLER ». Dans le demi-groupe 2, la moitié des mots de la communauté lexicale « OISEAU » fait aussi partie de la communauté lexicale du mot-pivot « ALLER ». Dans le demi-groupe 3, on remarque que la communauté lexicale du mot-pivot « OISEAU » présente des intersections avec les communautés lexicales des mots-pivots « ALLER » et « BIODIVERSITE ».

En résumé, ce focus sur la séance 2 montre que, pour une scénarisation commune aux trois demi-groupes, il existe :

- des invariants caractérisés par l'utilisations de mêmes mots-pivots ;
- des variations caractérisées par différentes communautés lexicales associées aux mêmes mots-pivots, voire à de nouveaux mots pivots.

Enfin, il apparaît, au vu des résultats liés à la scénarisation et à l'analyse de similitudes, que le champ lexical associé à « ESPECE » au sein du discours de l'enseignante est tantôt relié à « BIODIVERSITE » (demi-groupes 1 et 2), tantôt relié à « PARC » (demi-groupe 3). Ceci témoigne d'une mise en tension entre deux pôles du discours de l'enseignante : la notion de biodiversité et la mise en œuvre du protocole « Oiseaux des jardins » sur le terrain. Cela interroge plus particulièrement, sur les stratégies discursives de l'enseignante dans le cadre du dispositif VNE.

CONCLUSION

Ces résultats montrent que le discours de l'enseignante est structuré différemment en fonction des demi-groupes et que le temps dédié à la sortie est une variable forte de son activité discursive. On peut faire le lien entre l'objectif qu'a l'enseignante, à l'issue de sa séance avec le demi-groupe 1, de dégager le temps nécessaire pour mettre en œuvre le protocole « Oiseaux des jardins » dans le parc de l'établissement, pour les deux autres demi-groupes et la restructuration de son discours qui s'opère progressivement tout au long de la matinée.

Néanmoins, cette première approche de l'activité discursive nécessite d'être confrontée, dans un second temps, à une analyse fine du contenu du discours pour associer les stratégies discursives et le sens du discours de l'enseignante dans le cadre du dispositif VNE.

BIBLIOGRAPHIE

- Bosdeveix, R., Crepin-Obert, P., Fortin, C., Leininger-Frezal, C., Regad, L. & Turpin, S. (2018). Étude des pratiques enseignantes déclarées concernant le programme de sciences citoyennes Vigie-Nature École, *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 18, 79-102.

- Marchand, P. & Ratinaud, P. (2012). *L'analyse de similitude appliquée aux corpus textuels : les primaires socialistes pour l'élection présidentielle française (septembre-octobre 2011)*. Actes des 11ème Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles, 2012, 687-699.
- MEN 2015 : BOEN spécial n°11 du 26 novembre 2015.
- MEN 2018 : BOEN n°30 du 26 juillet 2018 BOEN spécial n° 11 du 26 novembre 2015.
- Reinert, M. (2008). *Mondes lexicaux stabilisés et analyse statistique de discours*. Actes de la JADT, 2008, 981-993.
- Robert, A. & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche, *Revue Canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 2(4), 505-528.

ARTICULER ÉMOTION ET RAISON DANS LA PENSÉE CRITIQUE

UNE NOUVELLE APPROCHE DE DESIGN

INSPIRÉE PAR LES NEUROSCIENCES

François Lombard¹, Daniel Schneider¹, Marie Merminod², Laura Weiss³

1 : Technologies de Formation et Apprentissage (TECFA)

2 : IUFE Université de Genève (IUFE)

3 : Université de Genève

Résumé : La formation des opinions ne peut être comprise comme purement objective et logique. Elle est fortement influencée par l'empathie - émotionnelle ou cognitive. Nous proposons une nouvelle conceptualisation à la fois basée sur le développement de l'empathie cognitive durant la formation des opinions et sur une bonne compréhension des méthodes, conduisant à de nouveaux dispositifs pédagogiques pour le développement de l'esprit critique.

Mots-clés : esprit critique, enjeu socio-scientifique, émotion, débat, design pédagogique.

BALANCING EMOTION AND REASON IN CRITICAL THINKING

FOR SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES

A NEW DESIGN APPROACH INSPIRED BY RECENT BRAIN RESEARCH.

Abstract Opinion building cannot be understood as objective and logical only and is strongly influenced by empathy - emotional or cognitive. We propose a new conceptualization focused on developing cognitive empathy during the processes of opinion building and a good understanding of the methods that leads to new educational design guidelines for critical opinion building.

Keywords : socio-scientific issues, emotion, debate, neuroscience, empathy, educational design

INTRODUCTION

Les progrès rapides en biosciences soulèvent de nouveaux dilemmes moraux et éthiques. Par exemple, ils offrent des possibilités de déchiffrer des processus cérébraux, tels que la reconnaissance des visages, l'identification d'images naturelles, la prise de décision, le contrôle de la vengeance ou le contrôle de la douleur. Il n'existe pas un large corpus de réflexions et d'expertise pour ces nouveaux enjeux socio-scientifiques (ESS) dans un monde qui remet en question les frontières entre vérité, fiction et désinformation délibérée. Ils exigent des futurs citoyens des capacités de pensée critique leur permettant de se forger des opinions. Développer la pensée critique est un challenge. Les professeurs de biologie se sentent souvent mal outillés pour aborder en classe les sujets suscitant des réactions émotionnelles et se sentent parfois plus en sécurité dans une transmission supposée neutre des connaissances scientifiques. Nous discuterons d'abord une nouvelle conceptualisation de certains aspects de l'esprit critique, monterons qu'elles ouvrent de nouvelles perspectives pour améliorer l'efficacité de dispositifs basés sur le débat, puis nous en extrairons des conjectures pour guider le design de dispositifs d'enseignement et nous présenterons un exemple de dispositif qui en illustre la générativité avec quelques résultats.

CADRE THEORIQUE

Des recherches récentes en neurosciences ont confirmé que la construction d'opinions et les décisions morales ne peuvent être comprises comme froides, objectives et logiques.

Pour élaborer une opinion critique sur les ESS que soulèvent les applications possibles des nouvelles recherches, il est nécessaire de savoir se décentrer de ses propres réactions (Jiménez-Aleixandre & Puig, 2012) et prendre en compte d'autres perspectives et d'autres réactions émotionnelles et morales. Or, les émotions influencent la capacité à prendre en compte autrui et d'autres valeurs que les siennes. Selon ses formes, l'empathie conduit souvent à se focaliser sur un seul aspect - émotionnellement saillant - d'une situation et conduit à ignorer d'autres perspectives (Bloom, 2017). Toutefois, Singer et Klimecki (2014) distinguent cette forme d'empathie émotionnelle (EE : centrée sur ses propres réactions), d'une forme d'empathie cognitive (EC) qui permet de comprendre les réactions émotionnelles d'autrui sans en être affecté. Cette dernière est cruciale pour permettre de se décentrer de ses propres réactions, valeurs, appartenances. Selon Decety et Cowell (2014), un corpus substantiel d'études comportementales a montré que se décentrer en imaginant les réactions émotionnelles d'autrui (EC) est un moyen puissant pour réduire les biais négatifs envers d'autres groupes sociaux que le sien et que ces changements d'attitude se généralisent aux membres de ces groupes sociaux. Par exemple, l'adoption explicite de la perspective d'un membre hors groupe conduit à une diminution de l'utilisation des stéréotypes vis-à-vis de cette personne et à des évaluations plus positives de ce groupe dans son ensemble. L'EC est donc cruciale pour certaines dimensions délicates de l'esprit critique.

Une étude en neurosciences par Shamay-Tsoory, Aharon-Peretz et Perry (2009) suggère que ces deux formes d'empathie émotionnelle (EE) et cognitive (EC), reposent sur des substrats neurologiques différents. Sans ignorer les limites de conclusions tirées de l'activation de zones cérébrales, ces résultats ouvrent de nouvelles opportunités pédagogiques : si l'EE n'est pas une étape obligatoire vers l'EC, il devient possible d'inventer des dispositifs pour développer l'empathie cognitive et favoriser le décentrement sans renforcer l'EE. Par ailleurs, les débats

d'opinions sont délicats à mettre en œuvre (Osborne, Simon, Christodoulou, Howell-Richardson & Richardson, 2013). Ils peuvent avoir des effets pervers, modifiant les opinions en fonction des rôles attribués dans le débat (Simonneaux & Simonneaux, 2005), figeant des opinions (Pratkanis & Aronson, 1992), ou encore, heurtant des valeurs et appartenances dans les classes multiculturelles actuelles. Ainsi, les effets des émotions et de l'EE, ainsi que la dynamique des débats d'opinions rendent cet exercice périlleux et appellent de nouvelles approches pédagogiques. Partant de ce constat, notamment des difficultés liées aux opinions formées et de la possibilité de développer l'EC sans renforcer l'EE, nous avons voulu explorer la question suivante : est-il possible de développer le décentrement et l'EC en i) faisant imaginer les réactions d'autres personnes avec des valeurs et des appartenances différentes dans les nouvelles situations que la percée scientifique rend possibles, ii) très tôt dans le processus de la formation des opinions iii) sans confronter ces opinions mais sous forme d'oppositions de valeurs. Cette étude explore donc une approche complémentaire et peut-être préalable au débat.

Pour Astolfi (2008) l'opinion « ...n'est pas de même nature que le savoir. La question essentielle n'est alors plus de trancher entre points de vue exprimés pour savoir qui a raison et qui a tort. C'est d'accéder aux raisons profondes qui justifient les points de vue en présence ». Dans cette recherche, et particulièrement pour les enjeux socio-scientifiques (ESS) émergents, nous nous focaliserons ainsi sur le processus de formation des opinions, en prenant en compte l'influence inévitable des émotions. Nous cherchons à développer l'EC qui permet de comprendre la diversité des effets de ces émotions pour d'autres personnes, d'autres valeurs, d'autres appartenances. Nous montrerons que cela nécessite de la part des élèves une bonne compréhension des techniques et méthodes scientifiques des recherches (que nous nommerons littéracie méthodologique¹) et d'en envisager des utilisations potentielles pour pouvoir imaginer les réactions émotionnelles d'autrui et les poser en termes de dilemmes. Cette recherche aborde les questions suivantes :

- QR1 : Comment traduire ce cadre théorique dans un dispositif d'enseignement qui viserait le développement de la littéracie méthodologique et des capacités de décentrement chez les élèves ?
- QR2 : Peut-on mesurer une amélioration de certaines compétences de pensée critique chez les élèves ? Plus précisément, peut-on observer un développement de la littéracie méthodologique et des capacités de décentrement des élèves ?

METHODES (QR1)

Pour répondre à la QR1, nous présentons d'abord une approche de design qui produira un modèle généralisé, puis montrerons - à titre de preuve du concept - un cours semestriel mis en œuvre dans un lycée à Genève (Suisse) par l'un des auteurs depuis 2003 avec 10 itérations dans une logique de recherche design. Nous présenterons ici la description du cours donné en 2018-19 qui joue le rôle de preuve empirique de faisabilité de cette approche design.

UN MODELE POUR LA LITTERACIE METHODOLOGIQUE ET LA PENSEE CRITIQUE

En réponse à la QR1, l'approche sur laquelle s'appuie la conception de ce module éducatif est inspirée des cartes de conjectures de Sandoval et Bell (2004) largement utilisées dans le para-

1 Nous nommons ainsi la capacité à identifier et exprimer les techniques et méthodes suffisamment pour en imaginer les limites et les usages- c'est une des dimensions de la littéracie scientifique.

digme de recherche design-based-research (Barab, 2006 ; Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004). Nous présenterons d'abord cette démarche permettant de traduire des théories en dispositifs d'apprentissage applicables dans divers contextes nouveaux, ensuite le modèle pédagogique lui-même, puis une implémentation analysée plus en détail.

Avec Sandoval, nous définissons une conjecture comme (CJ) l'explicitation des apports théoriques sur la manière dont l'apprentissage se produit dans un contexte particulier. Plus précisément, les conjectures définissent la manière dont l'essentiel du cadre théorique sera implémenté et les effets attendus sur l'apprentissage, ainsi que les observables qui permettront de les évaluer (Sandoval & Bell, 2004). Elles sont donc au cœur du processus de design pour élaborer des dispositifs possibles. Nous en formulons quatre :

- CJA : « Une compréhension des techniques et des méthodes est nécessaire pour imaginer les usages potentiels et les limites de la recherche étudiée » ;
- CJB1 : « Un éventail d'usages potentiels des techniques et méthodes de la recherche permettant d'imaginer des situations et des réactions émotionnelles de personnes avec des valeurs et des appartenances groupales différentes peut développer l'empathie cognitive » ;
- CJB2 : « Organiser la discussion des ESS en termes de réactions émotionnelles à ces situations et les exprimer comme des oppositions de valeurs sans exprimer sa propre opinion peut développer des compétences de décentrement » ;
- CJC : « La lecture et l'analyse d'articles scientifiques aident les étudiants à améliorer la structure et le contenu de leurs propres textes scientifiques ».

Ces CJ sont ensuite implémentées par des éléments de design (ED) pédagogiques (activités, tâches, rôles...) visant à produire un résultat éducatif : les Effets Attendus (EA) (compréhension, décentrement ...). Les quatre EA n'étant pas directement mesurables, ils sont évalués par une série d'Effets Observables (EO) (productions d'élèves, observations, autres traces). Les ED ne décrivent pas la totalité du dispositif, ils impliquent l'existence d'un modèle type pédagogique exploitable, par exemple, l'analyse d'articles tels que décrits par Joyce, Weil et Calhoun (2000). La figure 1 organise ces éléments dans une carte de conjectures. À chaque élément de design pédagogique (ED) correspond des effets attendus.

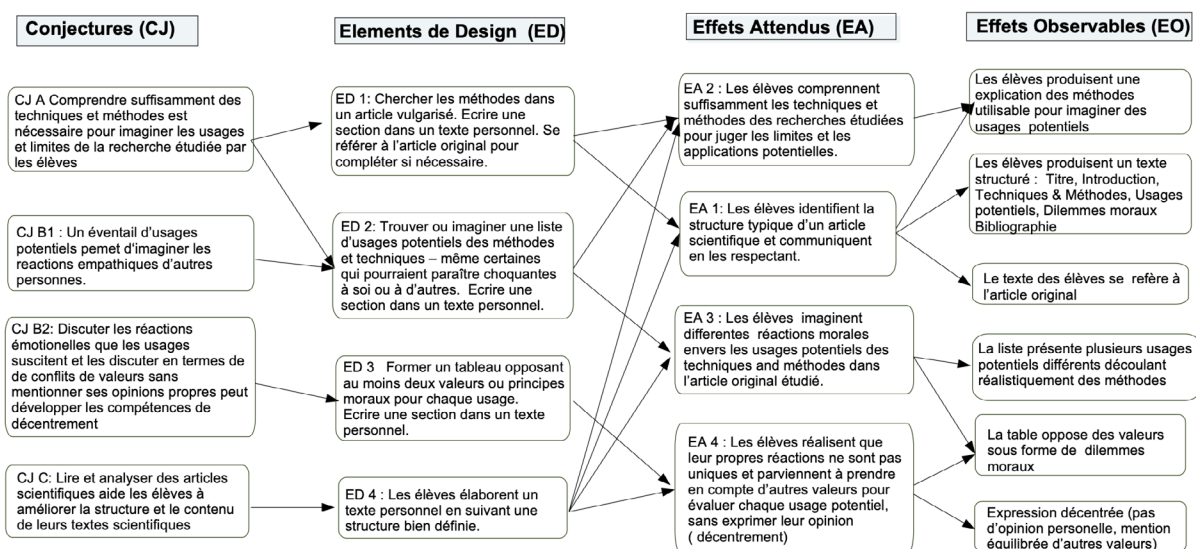


Figure 1. : Carte de conjectures

Nous présentons - à titre d'exemple, rappelons-le - un dispositif élaboré par cette méthode. Dans la dernière version du dispositif (2018-19), les 13 élèves avaient à disposition un article vulgarisé et l'original dans Science, Nature ou d'autres revues reconnues. Par exemple « L'effet placebo diminue bien la douleur », tiré de Science et Vie : Tourbe (2004) et l'original provenant de Science : Wager *et al.* (2004). (Cf Annexe 2). Les élèves devaient :

1. produire individuellement un texte mettant en évidence les techniques et méthodes de la recherche étudiée ;
2. trouver ou imaginer des usages rendus possibles par ces méthodes ;
3. former un tableau mettant ces usages en rapport avec des dilemmes moraux opposant des valeurs comme la bienfaisance, le respect de la vie, la poursuite de la connaissance, la liberté de commerce, l'autonomie, l'égalité et ceci, sans exprimer leur propre opinion (Fig. 2).

Cf. l'annexe 3 pour la consigne dans ce dispositif-témoin et l'annexe 4 pour un exemple de tableau de synthèse des dilemmes moraux.

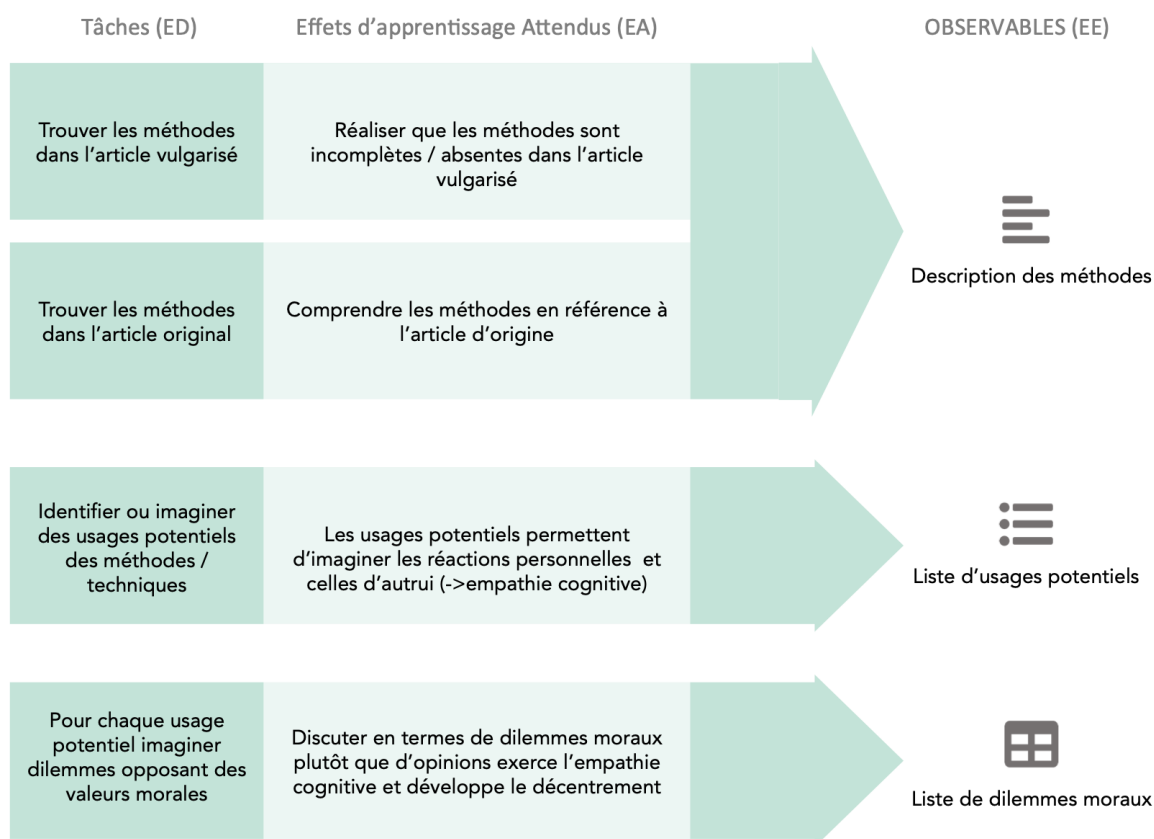


Figure 2. : Schéma du dispositif pédagogique

Au cours du semestre, les élèves devaient produire trois textes de 3-8 pages, qui ont été évalués. L'examen final reprenait la même consigne avec un nouvel article vulgarisé et son article d'origine.

METHODES (QR2)

Pour répondre à la QR2, les 4 productions successives des élèves² ont été évaluées du point de vue de la littéracie méthodologique et du décentrement (Fig. 1), codées à l'aide d'indicateurs : nombre de dilemmes moraux, diversité des valeurs, qualité des dilemmes moraux et communication décentrée. Les grilles de codage sont en annexe 1. Un double codage a été effectué jusqu'à 78 % d'accord intercodeurs par deux chercheurs qui n'ont pas participé à l'enseignement. En plus, un questionnaire de fin de semestre a été administré.

L'effet de taille (d de Cohen) qui reflète l'importance de la différence, a été calculé entre la première et la dernière production.

RESULTATS EMPIRIQUES

Tous les éléments montrent une progression au cours du semestre (Fig. 3). Les effets de taille (d de Cohen) sont importants (1,29 - 2,76) ou bons (0,38 - 0,86).

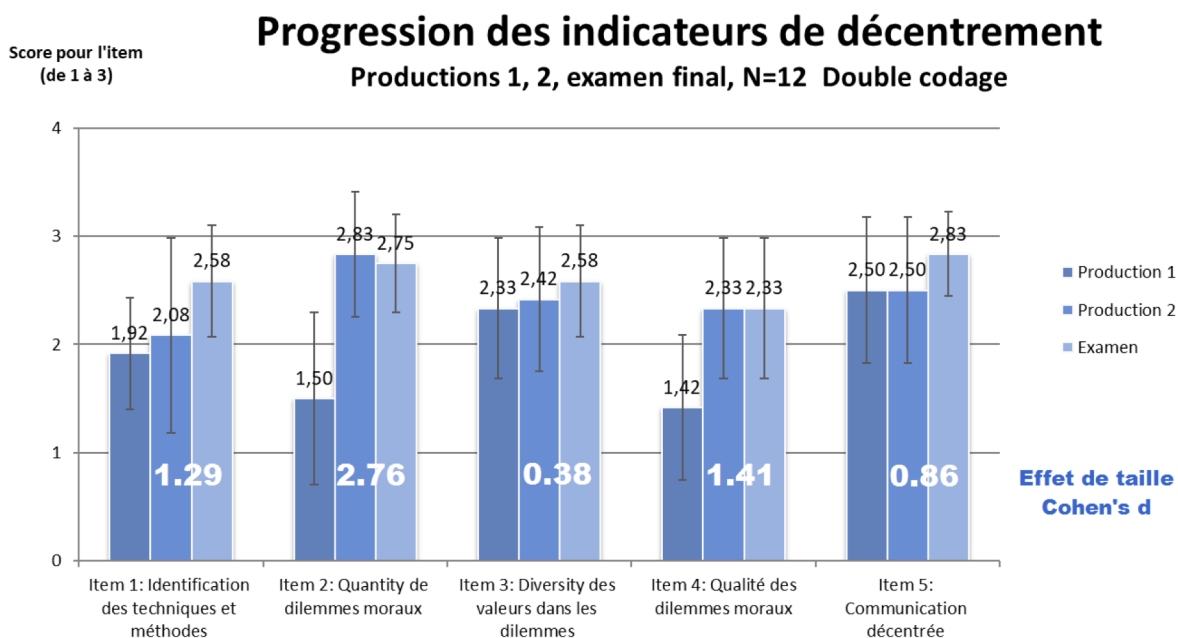


Figure 3. : Scores moyens pour les indicateurs de littéracie méthodologique (item 1) et des compétences de décentrement (item 2, 3, 4). L'écart type est indiqué, ainsi que l'effet de taille (d de Cohen), en blanc sur les barres.

La plupart des progrès dans ce dispositif (utilisé comme preuve de concept) ont paru se produire dans la structuration des valeurs en dilemmes moraux à part entière (valeur morale A vs. valeur morale B). Dans les premières productions, les valeurs morales étaient souvent écrites de manière désorganisée, tandis que dans la production 2, elles étaient plus souvent opposées sous forme de dilemmes. Cette structuration améliorée organise conceptuellement, sans jugement, des valeurs contradictoires en paires symétriques opposées, ce qui nécessite de s'abstenir de donner son point de vue et indique une bonne capacité de décentrement.

Cependant, certains résultats, tels que la forte progression de la quantité et de la qualité des

2 Une élève a n'a pas souhaité que son examen soit inclus et ses données ont été retirées

dilemmes moraux, pourraient également s'expliquer par le fait que les étudiants se sont graduellement adaptés à ce contrat didactique nouveau dans la deuxième production.

DISCUSSION

Les résultats observés dans cet exemple de dispositif « preuve de concept » suggèrent que le positionnement de l'activité en amont des opinions formées et sans les exprimer ou les débattre, contribue aux effets intéressants observés. Ces données suggèrent qu'imaginer des usages et réactions d'autres personnes pour les formuler en termes de dilemmes moraux, a aidé les élèves à comprendre que des positions différentes existent en fonction de valeurs et d'appartenances différentes, qu'elles sont également valables, et qu'elles pourraient être prises en compte dans la formation de leur opinion. Bien que nos résultats ne puissent guère prouver des fonctionnements mentaux tels que l'empathie cognitive et une modération de l'empathie émotionnelle, les productions analysées ont révélé des indicateurs de telles compétences et suggèrent que l'objectif pédagogique du décentrement peut être poursuivi par diverses formes de ce type de design.

Si nous n'avons pas d'indicateurs des opinions formées – puisque ce dispositif s'inscrit en amont, dans le processus de leur élaboration – on peut noter une progression dans l'intégration des émotions (notamment celles d'autrui) dans les productions et les examens, qui pourrait permettre ultérieurement une plus grande efficacité des interventions basées sur la raison – par exemple, dans les débats. Le questionnaire « post » suggère que la plupart des élèves ont développé un regard sur la science vulgarisée qui s'intéresse aux conditions d'élaboration de ces savoirs et dépasse la simple adhésion ou rejet d'une conclusion, comme en témoignent les propos de certains étudiants dans le questionnaire post-test :

« Il est vrai qu'au début je ne demandais pas réellement si les informations que je lisais étaient vraies ou simplifiées. Maintenant je me rends compte que tout est bien plus complexe et que la majorité des articles que nous lisons sont vulgarisés et des fois pas particulièrement bien expliqués. C'est pourquoi je sais désormais qu'il ne faut se fier qu'à l'article d'origine si on cherche des informations précises et avérées » ;

« Lors du premier travail, j'avais eu du mal à comprendre à me baser sur l'article d'origine et j'avais effectué mon analyse surtout à partir de l'article vulgarisé, qui dans ce cas, représentait mal l'étude qui avait été menée. Par la suite, j'ai appris à lire de « vrais » articles scientifiques en anglais afin de mieux comprendre les points qui étaient mal formulés / expliqués dans l'article vulgarisé ».

On peut noter que le choix central de ne pas débattre en termes d'opinions et d'empêcher expressément les élèves d'exprimer leurs opinions personnelles sur les ESS a été perçu comme un défi – désagréable mais utile – par certains étudiants dans le questionnaire post-test :

« Je trouve cette consigne difficile à respecter, dans la mesure où, notre opinion étant la meilleure, nous avons tendance à vouloir l'exprimer et la partager. Cependant, rester neutre et exposer toutes les opinions imaginables face à une situation est un travail que j'ai apprécié effectuer. C'est, pour ma part, quelque chose que je n'avais pas l'habitude de faire ».

Ces résultats doivent être interprétés avec prudence mais suggèrent que l'investissement des élèves dans les activités d'apprentissage a entraîné i) un glissement de leur épistémologie, passant d'une évaluation « naïve » (Bromme, Pieschl & Stahl, 2010) à une évaluation plus critique sur l'information scientifique et ii) d'une réaction empathique principalement émotionnelle à une construction d'opinion empathique plus décentrée (cognitive). Pris ensemble, ces résultats sont des preuves raisonnables que cette nouvelle conceptualisation de la pensée peut être transposée en des dispositifs pédagogiques réalisables, produisant des résultats en termes de compétences de décentrement et de littéracie méthodologique.

Néanmoins, le nombre limité de participants nécessite une grande prudence quant à la possibilité de généraliser le design spécifique.

Si ces résultats suggèrent que les étudiants développent certaines capacités de pensée critique, nous ne disposons que des données rapportées par les élèves sur les changements d'attitude. En l'absence de données sur le comportement réel des élèves après ce cours, il convient de faire preuve de prudence quant aux éventuels changements d'attitude critique. Nous n'avons pas de données sur l'influence que cela pourrait avoir sur leurs décisions, d'autant plus que la stricte neutralité morale visée empêche toute exploration de cette dimension. De plus, il faut rappeler que le nombre limité de compétences sélectionnées ne signifie pas que cette conception développe l'ensemble complet de compétences en matière de pensée critique mentionnées par Ennis (1987).

Nous proposons ici une nouvelle conceptualisation de dispositifs pédagogiques pour enseigner certains aspects de la pensée critique en vue de remédier à certaines difficultés rencontrées dans des dispositifs basés sur le débat. Elle est issue d'un cadre théorique fondé, entre autres, sur les apports de recherches récentes en neurosciences, montrant que les systèmes cognitifs et émotionnels participent de manière complexe et simultanée à l'élaboration d'opinions. La possibilité que les processus d'empathie cognitive et émotionnelle soient distincts, a permis de concevoir une approche pédagogique susceptible de développer le décentrement - une compétence rarement travaillée - qui pourrait contribuer à résoudre des difficultés dans plusieurs dispositifs basés sur le débat dans les ESS.

La conceptualisation proposée a montré sa générativité dans l'exemple du cours « preuve de concept » présenté. La méthode de design a permis de traduire les conjectures théoriques en un dispositif qui a pu être mis en œuvre dans une classe ordinaire, sans exigence particulière. Il paraît raisonnable d'imaginer qu'elle puisse faciliter le développement d'autres environnements d'enseignement en complément ou s'intégrant dans des dispositifs existants.

Il semble que cette conceptualisation nouvelle ouvre une nouvelle approche pour développer des compétences citoyennes importantes face aux nouveaux ESS produits continuellement par les biosciences. Bien que les enseignants ont souvent du mal à enseigner ces sujets délicats, nous ne pensons pas que ce dispositif soit facilement adopté tel quel par des enseignants dans d'autres contextes. Par contre, ils pourraient s'en inspirer pour adapter à leurs contextes et leurs postures et pédagogies.

Nous pensons, en effet, que la contribution la plus généralisable de cette étude réside dans l'approche nouvelle et les conjectures qui la synthétisent, qui pourrait guider la conception ou l'adaptation de nombreux dispositifs d'enseignement dans d'autres contextes. En effet, les compétences de décentrement développées ici pourraient être mises en œuvre comme première phase, pour préparer les élèves à des dispositifs plus classiques, basés par exemple sur l'argumentation. On peut imaginer l'intégrer dans des enseignements discutant les ESS, mais peut-être aussi dans des enseignements centrés sur les contenus scientifiques. C'est dire que cette approche pourrait contribuer de manière plus générale à développer le décentrement dans la pensée critique dont les futurs citoyens ont grand besoin.

BIBLIOGRAPHIE

Astolfi, J.-P. (2008). *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*. Paris : ESF.

- Bloom, P. (2017). Empathy and Its Discontents. *Trends in Cognitive Sciences*, *21* (1), 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.11.004>
- Barab, S. (2006). Design-Based Research, A Methodological Toolkit for the Learning Scientist. In R. K. Sawyer (Éd.), *The Cambridge Handbook Of The Learning Sciences* (p. 153-169). Cambridge : Cambridge University Press.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design Research : Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, *13*(1), 15-42. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2
- Bromme, R., Pieschl, S. & Stahl, E. (2010). Epistemological beliefs are standards for adaptive learning : A functional theory about epistemological beliefs and metacognition. *Metacognition and Learning*, *5*(1), 7-26. <https://doi.org/10.1007/s11409-009-9053-5>
- Decety, J. & Cowell, J. M. (2014). The complex relation between morality and empathy. *Trends in Cognitive Sciences*, *18*(7), 337-339. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.04.00>
- Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In Series of books in psychology. *Teaching thinking skills: Theory and practice* (p. 9-26). New York, NY, US: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. & Puig, B. (2012b). Argumentation, Evidence Evaluation and Critical Thinking. In B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Éd.), *Second International Handbook of Science Education* (p. 1001-1015) https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_66
- Osborne, J., Simon, S., Christodoulou, A., Howell-Richardson, C. & Richardson, K. (2013). Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, *50*(3), 315-347.
- Pratkanis, A. R. & Aronson, E. (1992). *The age of propaganda: The everyday use and abuse of persuasion*. New York : WH Freeman
- Sandoval, W. A. & Bell, P. (2004). Design-Based Research Methods for Studying Learning in Context: Introduction. *Educational Psychologist*, *39* (4), 199-201.
- Shamay-Tsoory, S. G., Aharon-Peretz, J. & Perry, D. (2009). Two systems for empathy: A double dissociation between emotional and cognitive empathy in inferior frontal gyrus versus ventromedial prefrontal lesions. *Brain: A Journal of Neurology*, *132* (3), 617-627. <https://doi.org/10.1093/brain/awn279>
- Simonneaux, L. & Simonneaux, J. (2005). Argumentation sur des questions socio-scientifiques. *Didaskalia*, *27*, 79-108.
- Singer, T. & Klimecki, O. M. (2014). Empathy and compassion. *Current Biology*, *24* (18), R875-R878. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.06.054>
- Tourbe, C. (2004) *L'effet placebo diminue bien la douleur*, Science et Vie, Avril 2004, p. 26
- Wager, T. D., Rilling, J. K., Smith, E. E., Sokolik, A., Casey, K. L., Davidson, R. J., Kosslyn, S. M., Rose, R. M. & Cohen, J. D. (2004). Placebo-Induced Changes in fMRI in the Anticipation and Experience of Pain. *Science*, *303*(5661), 1162-1167. <https://doi.org/10.1126/science.1093065>

ANNEXE 1 GRILLE DE CODAGE DES TEXTES

Item analysé	Description de l'item	Ce que cela indique	Mesure
Identification des techniques et méthodes scientifiques	L'élève a-t-il synthétisé de manière exacte, exhaustive et concise les techniques et méthodes scientifiques présentées dans l'article scientifique, sur lesquelles se basent les résultats ?	-La compréhension des techniques et méthodes lues dans l'article. -La capacité de structurer et communiquer clairement des idées scientifiques	1= l'élève ne synthétise aucune technique ou méthode, ou le fait de manière très succincte et/ou erronée 2= l'élève synthétise les techniques et méthodes, mais en se basant principalement sur l'article vulgarisé/ avec un degré moyen d'exhaustivité et d'exactitude 3= l'élève synthétise les techniques et méthodes en se basant sur l'article scientifique original, avec un haut degré de détail, exactitude et concision
Quantité de dilemmes moraux présentés	Combien y a-t-il de dilemmes totaux présentés (un dilemme = la mise en opposition de deux valeurs) ?	-La capacité à imaginer plusieurs points de vue différents sur un sujet -Découle aussi de la capacité à imaginer plusieurs usages différents, ce qui témoigne d'une bonne compréhension des techniques et méthodes -Cet item n'évalue pas la qualité/pertinence des dilemmes proposés mais seulement leur quantité	1= zéro dilemme présenté (l'élève n'a pas présenté des valeurs en contradiction, mais juste des valeurs seules/ n'a pas compris la consigne) 2= un ou deux dilemmes moraux présentés 3= plus de deux dilemmes moraux présentés

Item analysé	Description de l'item	Ce que cela indique	Mesure
Diversité des valeurs proposées dans les dilemmes moraux	L'élève présente-t-il bien des valeurs différentes et opposées, ou semble-t-il présenter en surnombre certaines valeurs plutôt que d'autres ?	-La capacité à imaginer une vraie diversité de points de vue, et pas seulement des valeurs similaires entre elles -Cet item donne une indication de la capacité de décentrement de l'élève	1= une seule valeur, ou des nuances d'une seule et même valeur, sont présentées 2= deux à quatre valeurs différentes sont présentées 3= l'élève présente plus de quatre valeurs bien distinctes
Qualité des dilemmes moraux	Les dilemmes proposés présentent-ils bien une tension entre des valeurs ? (Par exemple : la recherche sur les cellules souches est positive en termes d'espoirs de guérison de certaines maladies, tout en étant négative du point de vue du respect de l'embryon en tant qu'être vivant= tension ; la recherche sur les cellules souches permettrait de faire avancer la recherche et elle permettrait de faire gagner beaucoup d'argent à des investisseurs = pas de tension directe entre les valeurs présentées)	-La capacité à présenter de manière symétrique deux valeurs contradictoires -Cela donne aussi une mesure de la capacité de décentrement de l'élève	1= aucun dilemme, ou que des « faux » dilemmes (=opposition de valeurs sans réelle tension) 2= un à deux dilemmes moraux mettant bien des valeurs contradictoires en tension 3= plus de deux dilemmes moraux mettant des valeurs contradictoires en tension

Item analysé	Description de l’item	Ce que cela indique	Mesure
Décentrement de l’élève	<p>Y a-t-il dans le texte (discussion des techniques, de leurs usages potentiels et des dilemmes en découlant) des traces de décentrement de l’élève par rapport à ses propres valeurs, émotions ?</p> <p>(Par exemple, parle-t-il/elle en “je”, “nous vs eux”, “je pense que”, “il est mieux de...”, “il est évident que...”, “à mon avis”, etc.? Ou fait-il/elle des phrases plus décentrées du type : “certains pensent que... alors que d’autres pensent que”, “il y a différentes façons de voir cette situation”, etc.</p>	<p>-La capacité à évaluer des usages de techniques scientifiques en prenant en compte plusieurs perspectives différentes et même contradictoires entre elles, sans se baser uniquement sur ses propres opinions et réactions émotionnelles par rapport au sujet abordé</p>	<p>-La capacité à évaluer des usages de techniques scientifiques en prenant en compte plusieurs perspectives différentes et même contradictoires entre elles, sans se baser uniquement sur ses propres opinions et réactions émotionnelles par rapport au sujet abordé</p> <p>1= l’élève parvient à discuter des techniques, potentiels et dilemmes à travers ses propres valeurs ou émotions seulement</p> <p>2= l’élève parvient à discuter des techniques, potentiels et dilemmes à travers d’autres perspectives, mais qui restent proches de ses propres valeurs</p> <p>3= l’élève parvient à discuter des techniques, potentiels et dilemmes à travers plusieurs perspectives différentes (+de 3), même si ces perspectives sont éloignées de ses propres valeurs.</p>

ANNEXE 2 EXEMPLE D'ARTICLE VULGARISÉ ET DE RÉFÉRENCE ANALYSÉS

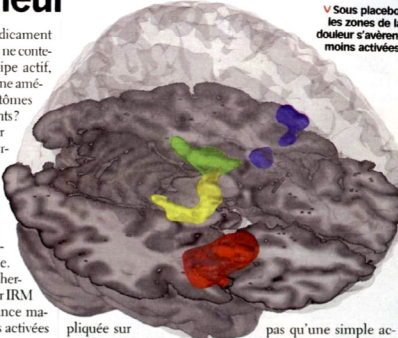
Article vulgarisé : Tourbe, C. (2004) L'effet placebo diminue bien la douleur, Science et Vie avril 2004 p. 26

NEUROLOGIE

L'effet placebo diminue bien la douleur

Comment un médicament placebo, c'est-à-dire ne contenant aucun principe actif, peut-il provoquer une amélioration des symptômes chez certains patients ? Pour le savoir, Tor Wagner, de l'université du Michigan (États-Unis) a étudié l'activité cérébrale d'une vingtaine de personnes soumises à une sensation douloureuse. Première étape, le chercheur enregistre par IRM (Imagerie à résonance magnétique) les zones activées dans le cerveau lorsque ces cobayes sont soumis à un pincement ou à une légère brûlure sur le bras. Deuxième expérience, une crème présentée comme anti-douleur – en fait un placebo – est appliquée sur leur bras. Les chercheurs reproduisent alors leur expérience. Surprise ! Ils ont constaté que les zones cérébrales de la douleur étaient moins activées. Autrement dit, le placebo n'a pas qu'une simple action psychologique : il permet de diminuer réellement la perception de la douleur par le cerveau. Ces informations devraient permettre d'améliorer peu à peu la prise en charge de la douleur. C.T.

Sous placebo, les zones de la douleur s'avèrent moins activées.



26 SCIENCE & VIE > AVRIL > 2004

insula and thalamus (Fig. 2, D and F), main effects of placebo (control > placebo) were found in the late heat period (43). Thalamic activations extended into the basal forebrain and medial temporal cortex (Fig. 2E), which has been implicated in enhanced pain due to anxiety (44). All these placebo activations fell within pain-sensitive regions, consistent with the hypothesis that they reflect modulation of the pain experience.

Time courses of neural placebo effects (Fig. 4) show the predominant decrease late in the pain response, after stimulus offset (although there is a trend toward control > placebo effects earlier in stimulation as well) (45). The late decreases suggest that placebo effects may require a period of pain to develop, and may modulate pain signals most strongly after stimulation is removed. This may be especially true of protracted painful stimuli, such as the thermal stimulus used in Study 2. The late decreases may reflect cognitive reappraisal of the significance of pain, resulting in decreases in pain affect and pain experience (5, 8). Alternatively, the late decreases may reflect engagement of opioid mechanisms triggered by prolonged pain.

Placebo increases prefrontal cortex and midbrain activity in anticipation of thermal pain. Study 2 also provided further support for our second hypothesis, that the expectation of pain relief is mediated by PFC. Regions within both right and left DLPFC, similar to those observed in Study 1 and shown in Fig. 3C, were significantly more active during anticipation in the placebo versus control conditions (placebo > control) (46). Study 2 also confirmed placebo-increased activation during the anticipation period of a midbrain region containing the PAG (46) (Fig. 3D), which again correlated significantly with DLPFC activity ($r = 0.60$ for both L and R DLPFC) (Fig. 3E). Finally, Study 2 showed the expected placebo-induced activation of rACC (47). Interestingly, this is the same area in which we found placebo-induced decreases during early heat, suggesting that this pain-responsive region may also serve as part of the network for cognitive control.

Overall impact of the studies. These two studies provide important insights into the neural mechanisms underlying placebo analgesia. First, they support the hypothesis that placebo manipulations decrease neural responses in brain regions that are pain sensitive. In addition, the magnitude of these neural decreases correlates with reduction in reported pain. These findings provide strong refutation of the conjecture that placebo responses reflect nothing more than report bias (6).

mechanism of placebo action, the representation of expectations within regions of PFC that modulate activity in pain-responsive areas. We found significant correlations of DLPFC and OFC activity with placebo response, measured both behaviorally (as the reported experience of pain)

and neurally (as activity in pain-responsive areas). The DLPFC is an area that has consistently been associated with the representation and maintenance of information needed for cognitive control (16, 48), whereas the OFC is more frequently associated with representing evaluative and

RESEARCH ARTICLES

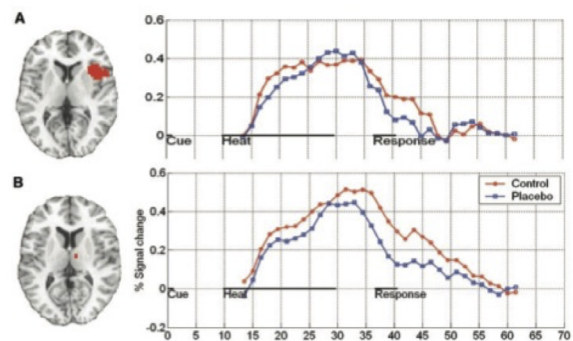
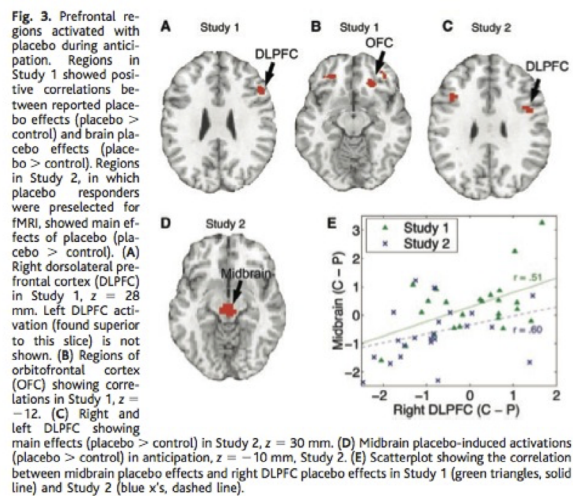


Fig. 4. Time courses of pain responses for regions showing main effects of placebo (control > placebo) in late heat in Study 2. For display, time courses were extracted from regions showing a main effect of pain at $Z > 4.1$. (A) Group-averaged, finite impulse-response deconvolved responses to pain for placebo (blue) and control (red) in the contralateral insula (the exact region is shown in red in the slice at left), partialing out signal contributions from the anticipation and response periods. (B) Similar to (A), but for the contralateral midbrain region (shown in red in the slice at left).

Article d'origine (Extrait) :

Wager, T. D., Rilling, J. K., Smith, E. E., Sokolik, A., Casey, K. L., Davidson, R. J., Kosslyn, S. M., Rose, R. M., & Cohen, J. D. (2004). Placebo-Induced Changes in fMRI in the Anticipation and Experience of Pain. *Science*, 303(5661), 1162-1167. <https://doi.org/10.1126/science.1093065>

ANNEXE 3

Consigne pour les travaux des élèves dans le dispositif-témoin présenté à titre d'exemple.
Pour chaque article analysé, veuillez suivre la structure suivante :

- Introduction

Mentionner l'article. Poser le contexte très général. Expliquer l'intérêt de cette question (pourquoi ?) et comment vous avez procédé pour y répondre (cette grille d'analyse . P. E).

- Méthodologies et techniques

Identifiez les Techniques qui sont présentées dans cet article.

Choisissez celle qui vous paraît la plus nouvelle ou primordiale (parmi les explicites ou implicites) et approfondissez-la à l'aide des liens proposés. Décrivez l'essentiel des méthodes qui permette de comprendre, mettre en perspective et imaginer les usages possibles (protocole expérimental, conditions comparées, etc.) (méthodologie) Ecrivez dans un langage qu'un collégien de 4ème pourrait comprendre.

- Usages et potentiels

Identifiez les usages effectifs ou potentiels de ces techniques et méthodes qui sont présents ou non dans l'article, que vous pouvez imaginer, sans juger encore s'ils sont positifs ou négatifs. Les résultats de la recherche figurent ici.

Estimez la plausibilité de ces usages potentiels.

Formez un tableau avec ces usages et potentiels (un par ligne)

- Dilemmes moraux

Identifiez les dilemmes moraux découlant de chacun des potentiels identifiés au point précédent (Explicites ou implicites)

Formulez-les en termes de tension entre principes moraux. Inspirez-vous de ceux mentionnés dans la page dilemmes moraux. Reportez les dans votre tableau en regard de chaque usage potentiel.

(Une mise en page autre que le tableau est possible mais elle doit bien mettre en rapport chaque usage potentiel avec les dilemmes qui en découlent.)

- Bibliographie

Références de l'article (avec 4 items selon référence TM Calvin)

ANNEXE 4 : EXEMPLE DE TABLEAU DE SYNTHÈSE DES DILEMMES MORAUX

Usage	Raison de le faire	Raison de ne pas le faire
<p>Identification des facteurs qui poussent à l'achat pour comprendre le comportement des consommateurs Plausibilité 3/3</p>	<p>Poursuite de la connaissance Avancée de la recherche</p>	<p>Principe d'autonomie / respect de la vie privée : potentiel client : "je ne veux pas qu'on observe mon cerveau pour me manipuler et m'influencer dans mes choix" Priorité de la recherche : investir dans ce domaine au détriment d'un autre</p>
<p>Les entreprises commerciales pourraient utiliser l'IRMf sur des potentiels clients pour mieux cibler ses produits. Plausibilité 3/3</p>	<p>Augmenter son chiffre d'affaires en misant plus sur le marketing</p>	<p>Les produits seront de moins bonne qualité étant donné que ce n'est pas le seul facteur qui pousse à la consommation.</p>
<p>Des personnes malveillantes pourraient utiliser l'IRMf sur des potentiels clients pour les manipuler à outrance. Elles pourraient abuser de ce "pouvoir" pour les arnaquer et faciliter la vente de produits qui seraient néfastes pour les consommateurs. Plausibilité 2/3</p>	<p>Poursuite de la connaissance Avancée de la recherche</p>	<p>Principe de malfeasance</p>
<p>Maintenant que nous avons compris que la publicité, en mettant en scène le produit et des beaux jeunes acteurs heureux (connus si possible), provoquait dans le cerveau des spectateurs une association marque-belle image qu'ils stockent dans leur mémoire, nous pourrions utiliser la publicité pour induire une "non-préférence" envers un produit. En effet, nous savons que la vue d'une image a un effet sur la perception du goût. Les commerciaux de Coca-Cola par exemple pourrait utiliser ce phénomène pour faire baisser la popularité du Pepsi. Ils pourraient faire en sorte d'introduire une association entre Pepsi et une image négative. Plausibilité 1/3</p>	<p>Diminuer la concurrence, augmenter son chiffre d'affaires</p>	<p>Principe de malfeasance Il serait immoral de rabaisser les concurrents, mieux vaut investir son temps pour la promotion de son produit</p>

AU SUJET DE LA « PÉDAGOGIE ACTIVE » ET DES SITUATIONS-PROBLÈMES EN SCIENCES DE LA NATURE UN CAS D'ÉTUDE EN FORMATION INITIALE EN FÉDÉRATION WALLONIE-BRUXELLES

Hichem Dahmouche¹

1 : Centre de recherche en Sciences de l'Éducation (CRSE) – Université Libre de Bruxelles

Résumé : Notre recherche vise à comprendre comment les notions de « pédagogie active » et de situation-problème sont reçues en formation initiale par les futurs enseignants en sciences de la nature, au secondaire supérieur. En Belgique francophone, ceux-ci sont formés à l'université et possèdent généralement un master disciplinaire. Pour étudier cette réception, des entretiens ont été menés avec des étudiants avant et après leurs stages. Les résultats montrent que, dans l'incapacité de réaliser des situations-problèmes au sens strict en sciences de la nature, les étudiants redéfinissent ces deux notions pour adopter un schéma de cours faussement non-directif.

Mots-clés : situation-problème, adidacticité, formation initiale, secondaire supérieur, sciences de la nature.

ABOUT « ACTIVE EDUCATION » AND SITUATION PROBLEMS IN THE NATURAL SCIENCES A CASE STUDY IN INITIAL TRAINING IN WALLONIA-BRUSSELS FEDERATION

Abstract : Our research aims to understand how active education and situation problem notions are perceived in initial training by natural sciences teachers of the upper secondary education. In french-speaking Belgium, they are trained at the university and they usually have a disciplinary master's degree. To study this reception, interviews were conducted with students before and after their internship. The results show that, unable to make strict situation problems in the natural sciences, students redefine these notions to adopt a falsely non-directive course pattern.

Keywords : situation problem, adidacticity, initial training, upper secondary education, natural sciences.

CONTEXTE ET FORMATION DES ENSEIGNANTS DU SECONDAIRE SUPERIEUR

En Belgique francophone, la formation des enseignants du secondaire supérieur consiste, la plupart du temps, en une année d' « agrégation » de 30 crédits ECTS et généralement, à la suite d'un master disciplinaire. Cette formation est composée de cours généraux, à destination de tous les enseignants, et de cours de didactique des disciplines, donnés par des spécialistes des disciplines. En comparaison avec les autres formations initiales pour les autres niveaux d'enseignement, assurées en Haute-Ecole (pré-scolaire, primaire, secondaire inférieur), ces enseignants suivent une formation disciplinaire longue et une formation pédagogique initiale plutôt brève.

Parallèlement à cela, notre système scolaire connaît une multiplication d'écoles dites à « pédagogie active » qui se réclament d'un grand éducateur, parmi lesquels Decroly prend une aura particulière en Belgique francophone (Depaepe *et al.*, 2003). Pourtant, notre expérience indique qu'une certaine proportion des enseignants en fonction considère la « pédagogie active » comme « déconnectée du terrain » ou « inapplicable ».

Historiquement, c'est avec Ferrière (1922) et après le congrès de Calais de 1921, qu'apparaît le terme d' « école active », puis on parle quelques décennies plus tard de méthode et de « pédagogie active ». Se fédèrent alors, à cette époque là, les grands éducateurs autour de l'importance de l'activité et l'expérience de l'enfant dans son éducation (Bernardin, 2019). Pourtant, au-delà de ce consensus et du rejet de l'école traditionnelle, des tensions épistémologiques importantes existent (Roland, 2019) et qui ne sont pas sans conséquences sur les processus à l'œuvre (Houssaye, 1993).

Le terme de « pédagogie active » est donc ambigu, mais il persiste. Dès lors, que cache l'usage de ce terme uniformisateur ? De quelle activité parle-t-on ? En France, Rochex et Crinon (2011), puis Crinon et Ferone (2018) ont montré l'existence de vulgates et de doxas au sujet de l'activité des élèves. L'activité visible des élèves est envisagée comme une finalité en soi (manipulations d'un matériel, participation de tous les élèves, etc.). Bernardin (2019), dans un récent colloque portant sur les pédagogies actives, avertit également du raccourci entre une activité visible, faite d'actions concrètes des élèves, et une activité cognitive, forcément intérieure.

De même, la notion de situation-problème, qui reste fréquemment présentée en formation initiale, est tout autant controversée sur le terrain. Comme plusieurs auteurs l'ont montré (Fabre, 1999 ; Carette & Rey, 2010 ; Rey *et al.*, 2012), cette notion connaît des définitions diverses et pas toujours compatibles entre elles. Un sens strict s'est construit en didactique des mathématiques, par exemple chez Arsac *et al.* (1988), ou encore chez Brousseau (1986 ; 1998). Chez ce dernier, la situation-problème prend appui sur la notion de situation adidactique dans laquelle l'enseignant est globalement en retrait lorsque l'élève a accepté la responsabilité d'un problème. Ce problème va permettre à l'élève de construire une nouvelle connaissance. Celle-ci est en rapport avec une situation fondamentale qui l'incarne. Mais Fabre montre également que d'autres définitions existent et présentent des sens plus larges, développés, par exemple, chez Meirieu.

Par ailleurs, comme l'a montré Orange (2007), il y a une véritable difficulté à réaliser des situations véritablement adidactiques en sciences de la nature, ce qui interroge d'autant plus le sens donné à cette notion, à la fois fréquemment présentée en formation initiale et pourtant

partiellement rejetée par les enseignants. Là encore, la controverse mérite d'être interrogée au regard des conceptions de l'activité des élèves (Rochex & Crinon, 2011 ; Crinon & Ferone, 2018 ; Bernardin, 2019).

Au niveau de la formation initiale, des études ont déjà porté sur les agrégations en sciences de la nature (physique, chimie et biologie). Elles concernent, par exemple, le volet identitaire dans la relation pédagogique (Biémar, 2015) ; les dispositifs de professionnalisation et de développement de la réflexivité en formation (Derobertmasure *et al.*, 2010 ; Hindryckx & Poffé, 2013 ; Charlier *et al.*, 2015), ou encore l'entrée dans le métier (Biémar, 2010). Hormis l'étude de Hindryckx et Poffé, ces recherches s'intéressent aux agrégés, sans distinguer leur ancrage disciplinaire. Il en va de même pour l'étude des difficultés rencontrées par les nouveaux enseignants, quel que soit leur niveau d'enseignement. Ces études s'intéressent, par exemple, aux trajectoires d'insertion pour comprendre le phénomène d'abandon chronique et massif (Delvaux *et al.*, 2013), ou encore aux difficultés déclarées (De Stercke *et al.*, 2010 ; De Stercke, 2014) ; mais sans distinguer les disciplines d'enseignement.

C'est pourquoi nous souhaitons comprendre comment les notions controversées de « pédagogie active » et de situation-problème sont reçues spécifiquement par les étudiants des agrégations en sciences de la nature et quelles significations ils construisent autour de ces notions. En effet, dans un certain flou pédagogique-didactique, les agrégés en sciences de la nature, du fait de leur formation disciplinaire longue, devraient posséder des connaissances approfondies sur leur discipline, leurs méthodes propres, leurs constructions historiques, les controverses actuelles, etc., c'est-à-dire des repères épistémologiques sur lesquels ils pourraient s'appuyer dans l'acceptation ou le rejet de ces deux notions. Toutefois, la formation pédagogique suivie étant courte, ces deux notions pourraient n'être abordées que brièvement, ne leur permettant pas de soumettre à la critique ces deux notions. Ainsi, quels regards portent-ils sur ces deux notions controversées ? Quelles conséquences cela peut-il avoir sur l'enseignement des sciences de la nature ?

CORPUS DE RECHERCHE ET CONSTRUCTION DES DONNEES

Notre corpus est constitué d'entretiens semi-dirigés, réalisés avec 18 étudiants des agrégations à l'enseignement secondaire supérieur en sciences de la nature au sein d'une université belge francophone, soit environ 40 % de la cohorte. Cet échantillon est constitué à partir de tous ceux qui ont accepté de participer à l'étude, sans aucune sélection parmi ces volontaires. Cet échantillon est composé de 11 hommes et de 7 femmes dont les âges varient entre 24 et 55 ans (moyenne : 32,6 ans). Tous possèdent bien un master, soit en sciences physiques (2/18), soit en sciences chimiques (4/18), soit en sciences biologiques (12/18). Des comparaisons avec le reste de la cohorte qui n'a pas souhaité participer à l'étude, n'ont pas pu être réalisées faute d'accès aux données institutionnelles. Les différences de recrutement des participants entre les trois agrégations sont le résultat de différences de fréquentation de la formation initiale. Par exemple, l'agrégation à l'enseignement secondaire supérieur en sciences physiques est largement moins fréquentée que celle en sciences biologiques.

Les entretiens ont été réalisés en début et fin d'année de formation initiale, c'est-à-dire avant et après les stages, afin de décrire l'évolution dans l'acceptation ou le rejet du discours de la formation et leurs raisons. Ces entretiens ont été menés grâce à un guide d'entretien élaboré a priori.

Celui-ci qui porte sur une variété de thèmes, dont ceux relatifs au discours de la formation, son acceptation ou son rejet et les raisons évoquées (annexe 1). Les notions de « pédagogie active » et de situation-problème ne figurent dans aucune de nos questions à priori. C'est donc lorsque ces notions étaient abordées par les participants que nous avons cherché à connaître la position d'acceptation ou de rejet de ces notions et leurs raisons ; plus précisément, nous leur avons demandé d'expliquer ces notions, de les exemplifier, de justifier la position d'acceptation ou de rejet de ces notions, etc. Comme il était peu aisé d'avoir accès au discours de tous les formateurs tout le long de la formation initiale, nous n'avons pas systématiquement cherché à connaître, par le biais des entretiens, les modalités précises d'enseignement de ces deux notions. Nous avons préféré nous intéresser à la position d'acceptation ou de rejet tenue in fine par les étudiants, leurs raisons, et dans quelle mesure le discours disciplinaire (physique, chimie, biologie) pourrait interférer. Par ailleurs, cette entrée nous semble plus porteuse pour étudier la situation à priori contradictoire entre un certain rejet des notions de « pédagogie active » et de situation-problème par les enseignants mais en même temps, la multiplication des écoles dites à « pédagogie active » dans notre système scolaire.

Les discours des participants ont été intégralement transcrits et ils ont fait l'objet d'une analyse de contenu (Bardin, 1993) thématique via Nvivo 12. Le discours d'acceptation ou de rejet de la « pédagogie active » et des situations-problèmes a donc été classé dans les catégories d'acceptation ou de rejet du discours de la formation, élaborées à postériori. Pour les besoins de cette communication, nous ne présenterons que les résultats susceptibles de documenter les positions quant à ces deux notions. L'annexe 2 présente les autres catégories construites d'acceptation ou de rejet du discours de la formation.

PRINCIPAUX RESULTATS ET DISCUSSION

Le discours d'acceptation ou de rejet de la « pédagogie active » et des situations-problèmes prend une place certaine dans le discours des participants (annexe 2). La notion de « pédagogie active » est particulièrement récurrente ; 12 participants sur 18 en font explicitement mention, dans les trois filières d'agrégation des sciences de la nature et sans que nous puissions mettre en évidence des différences selon l'ancrage disciplinaire (physique, chimie, biologie). Pour les autres catégories, les étudiants ne mentionnent finalement qu'assez peu de notions précises : seuls les concepts de « compétence » et de « préconception » apparaissent, mais ils semblent moins marquer les participants que les deux notions de « pédagogie active » et de situation-problème.

Pour ces deux notions, les significations semblent construites selon la dialectique de la norme (la « pédagogie active ») et des moyens (les situations-problèmes). Ainsi, Les critiques (5 participants sur 18) ne portent pas directement sur la norme en soi¹. En s'attardant sur les propos à ce sujet, qu'il s'agisse de critiques ou non, il semble que derrière cette notion se cachent des vulgates de « l'élève au centre » (Rochex et Crinon, 2011) et de « l'élève qui construit son savoir ». Ainsi, la notion de « pédagogie active » n'est que très rarement développée en

¹Ces critiques qui portent sur la notion de « pédagogie active » sont très hétérogènes mais elles font systématiquement mention de la « méthode magistrale » ; soit pour discuter de la faisabilité de la « pédagogie active » sur le terrain en comparaison de la « méthode magistrale » ; soit pour mettre en évidence que les formateurs procèdent par la « méthode magistrale » plutôt que la « pédagogie active », etc.

référence à un grand éducateur (seulement 1 cas sur 18, qui enseigne dans une école qui se réclame de Decroly) ou à une théorie de l'apprentissage. Dans un grand nombre de cas, cette notion fait référence à l'activité visible des élèves, à leurs actions concrètes et non à l'activité cognitive, interne. Dans d'autres cas, elle fait référence à une position de retrait de l'enseignant. Les exemples suivants traduisent cela et sont en partie issus d'étudiants critiques.

D. : Je préfère plus la pédagogie active parce que c'est un peu moins stressant que la pédagogie cours magistral... c'est les élèves qui travaillent c'est pas moi du coup.

L. : Cet aspect de pédagogie active où les élèves sont comme des investigateurs, on les laisse se débrouiller et nous on est juste là comme un médiateur.

M. : Oui, j'ai essayé de construire ma leçon en posant le maximum de questions et en étant interactif avec les élèves pour que ce soit eux qui construisent la leçon.

Ce sens est parfois développé avec la notion de situation-problème qui semble être définie de différentes manières, parfois au sein du discours d'un même individu :

N. : on laisse complètement l'élève avec ... vraiment c'est ça, une question, il a toute une série de documents et avec ça, il doit pouvoir se débrouiller pour répondre à la question.

A. : la situation-problème, donc c'est une toute petite situation-problème, qui peut durer cinq minutes, ce serait juste une interprétation d'expérience [...]. Normalement ... là, ma mise en situation, c'est déjà un peu une situation-problème.

Les deux extraits illustrent les deux principales définitions qui (co-)existent globalement chez les participants interrogés. La première, dans un sens plutôt strict (Arsac *et al.*, 1988), considère que le dispositif doit permettre à l'élève d'envisager une réponse à un problème et se rendre compte par lui-même de la validité ou non de sa réponse. Le dispositif semble donc adidactique (Brousseau, 1986 ; 1998) et l'enseignant est plutôt dans une position de retrait. La seconde, dans un sens plus large, considère une variété de situations-problèmes de natures différentes, comme l'a montré Fabre (1999).

Lorsque la situation-problème est critiquée par les étudiants, elle l'est pour les difficultés qu'ils rencontrent à la mettre en place et non pas en référence à des connaissances, méthodes, etc. en rapport avec la discipline à enseigner. L'une de ces difficultés concerne le caractère d'adidacticité (Brousseau, 1986 ; 1998) des situations-problèmes en sciences de la nature. L'exemple suivant est le plus explicite à ce sujet.

A. : C'est compliqué de faire des situations-problèmes, c'est très compliqué quand on découvre, le début, on te dit : «Faire découvrir aux élèves la fonction et la présence de réticulum endoplasmique dans une cellule»... Comment tu veux faire ?

Donc, pour parer à cette difficulté *et alors* que (co-)existent deux discours sur les situations-problèmes, il semble que les dispositifs construits par les étudiants relèvent tous en réalité d'une pédagogie de la réponse (Fabre, 1999) ; le retrait de l'enseignant n'est qu'apparent puisqu'en réalité, le guidage est faussement non-directif ; la validation de la question de départ, les choix des expériences à mener, des documents à analyser, etc. sont laissés à l'enseignant.

Ni. : normalement, ce qu'on devrait faire, c'est juste leur donner une série d'expériences, leur poser une grande question, genre «quelles sont les rôles de barrières de la peau et voilà. Or,

c'est pas ça que j'ai fait. Sur chaque expérience, il y avait une liste de questions ainsi de suite et puis ils devaient répondre aux questions et donc c'est beaucoup plus guidé et je m'arrêtais tous les quarts d'heure pour dire «ok maintenant quelqu'un peut expliquer ce qu'il a vu sur cette expérience-là», et corriger.

En suivant la trame construite par l'enseignant dans un certain dispositif, les élèves redécouvrent un certain savoir sans réellement s'engager initialement dans une réponse qui serait la leur. Ceci n'est donc pas de nature à remettre en question les conceptions pré-existantes chez les élèves.

Et alors que les étudiants pourraient être en porte-à-faux avec l'injonction à travailler par situations-problèmes, au sens strict, en réalité, les formateurs en didactiques font réussir la quasi-totalité d'entre eux lors des stages (17 étudiants sur 18) et les étudiants ne font pas mention d'évaluations négatives des formateurs en didactiques quant à la construction des situations-problèmes durant les stages. Ceci fait donc penser que ces derniers, comme les étudiants, redéfinissent « en pratique » la notion de situation-problème, pour les sciences de la nature. Ainsi, alors que la notion de situation-problème semble présentée dans un sens strict en formation, les étudiants, comme les formateurs, semblent s'accorder implicitement sur le caractère faiblement adidactique des situations-problèmes en sciences de la nature et en redéfinissent plus ou moins implicitement le sens, après les stages. Est alors préféré un sens plus large, fondé sur les vulgates de « l'élève au centre » (Roche & Crinon, 2011) et de l'élève « qui construit son savoir » et désigné par le terme de « pédagogie active ». Dès lors, une position de retrait doit être conservée, ce qui conduit les enseignants à construire des dispositifs faussement non-directifs.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les ambiguïtés autour de la notion de situation-problème ont déjà été pointées en France (Fabre, 1999) et en Belgique (Carette & Rey, 2010 ; Rey *et al.*, 2012). La brève analyse proposée ici traduit les ambiguïtés qui persistent dans notre système scolaire. Le caractère d'adidacticité de ces situations-problèmes n'est pas décliné selon les disciplines en formation initiale, alors qu'il semble constituer une difficulté dans la mise en œuvre des situations-problèmes *et alors* que ces futurs enseignants ne semblent pas spontanément s'appuyer sur des repères disciplinaires. Dans l'impossibilité de réaliser des situations-problèmes au sens strict, les étudiants des agrégations en sciences de la nature développent un sens plus large sans renoncer à la vulgate de « l'élève au centre », sous-jacente à la notion de « pédagogie active » qu'ils construisent. Ce faisant, ils doivent adopter une position de retrait qui ne peut être assumée que par un schéma faussement non-directif où les savoirs scientifiques viennent se superposer à des conceptions déjà existantes chez les élèves, sans les changer.

Dans une précédente étude, Daro *et al.* (2018) mettaient en évidence le défi de l'accessibilité des recherches dans les formations initiales assurées en Haute-École (pré-scolaire, primaire, secondaire inférieur). Notre étude montre que ce défi se pose également au niveau des formations initiales assurées à l'université. Ainsi, ne gagnerait-on pas à tenir compte des spécificités des sciences de la nature pour passer d'une définition stricte des situations-problèmes à une variété de « situations qui font problème » ? Parallèlement à cela, c'est le récit d'émergence de l'éducation nouvelle du siècle passé qui pourrait être recontextualisé par ses tensions épistémologiques internes (Roland, 2019) et ainsi permettre de réinterroger les vulgates de « l'élève

au centre » (Rochex et Crinon, 2011) et de « l'élève qui construit son savoir ».

Mais pour cela, des études complémentaires nous semblent nécessaires. Elles devront porter sur les modalités d'enseignement de ces notions controversées de « pédagogie active » et de situation-problème. De telles études auraient d'ailleurs le mérite de contribuer à renforcer nos connaissances sur les sciences de l'éducation (didactiques comprises), en Wallonie et à Bruxelles qui sont, semble-t-il, trop peu nombreuses (Roland, 2010).

BIBLIOGRAPHIE

- Arsac, G., Germain, G. & Mante, M. (1988). *Problème ouvert et situation-problème*. Lyon : IREM de Lyon.
- Bardin, L. (1993). *L'analyse de contenu*. Paris : PUF.
- Bernardin, J. (2019). Pédagogies actives : l'activité en question(s). *Actes du colloque du 1er colloque international organisé par la cocof*. Regards croisés sur les pratiques en pédagogies actives (p. 18-29). Bruxelles, Belgique. Récupéré à l'adresse : http://www.colloque-pedactives-cocof.com/files/uploads/2019/01/20190110_Cocof_recueil_web.pdf
- Biémar, S. (2010). Modifications des images identitaires relatives à la relation pédagogique lors de l'entrée dans le métier. *Éducation & Formation*, 294, 53-65.
- Biémar, S. (2015). Les images identitaires relatives à la relation pédagogique véhiculées en formation initiale. *Éducation & Formation*, 303, 61-70.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7(2), 33-115.
- Brousseau, G. (1998). *La théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Carette, V. & Rey, B. (2010). *Savoir enseigner dans le secondaire : didactique générale*. Bruxelles : De Boeck.
- Charlier, E., Milstein, C., Boxus, C. & Biémar, S. (2015). Étude exploratoire des voies de professionnalisation. *Éducation & Formation*, 303, 51-60.
- Crinon, J. & Ferone, G. (2018). Savoirs et conceptions professionnelles des enseignants. *Éducation & Formation*, 310, 85-96.
- Daro, S., Graftiau, M.-C., Stouvenakers, N. & Hindryckx, M.-N. (2018). *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 17, 73-104. DOI : 10.4000/rdst.1699.
- De Stercke, J. (2014). *Persévérance et abandon des enseignants débutants : La relève issue des Hautes Ecoles* (thèse de doctorat, Université de Mons, Belgique). Récupéré de ResearchGate à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/262785640_Perseverance_et_abandon_des_enseignants_debutants_La_releve_issue_des_Hautes_Ecoles
- De Stercke, J., Renson, J.-M., De Lièvre, B., Beckers, J., Cambier, J.-B., Leemans, M., Maréchal, C. Radermaecker, G. & Temperman, G. (2010). *Dynamiser l'insertion professionnelle des enseignants débutants du secondaire*. Rapport final de recherche. Bruxelles : Ministère de l'Enseignement obligatoire de la Communauté française de Belgique.
- Depaepe, M., Simon, F. & Gorp, A. V. (2003). The canonization of Ovide Decroly as a

- “saint” of the New Education. *History of Education Quarterly*, 43(2), 224-228.
- Derobertmeasure, A., Dehon, A. & Demeuse, M. (2010). Indicateurs de réflexivité en formation initiale. *Éducation & Formation*, 294, 31-41.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- Ferrière, A. (1922/2004). *L'école active*. Paris : Fabert.
- Hindryckx, M.-N. & Poffé, C. (2013). Pratiques réflexives en formation initiale des enseignants. *Éducation & Formation*, 298, 87-104.
- Houssaye, J. (1993). Le triangle pédagogique ou comment comprendre la situation pédagogique. *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*, 13-24.
- Orange, C. (2007). Quel Milieu pour l'apprentissage par problématisation en sciences de la vie et de la terre ? *Éducation et didactique*, 1(2), 37-56.
- Rey, B., Carette, V., Defrance, A. & Kahn, S. (2012). *Les compétences à l'école : apprentissage et évaluation*. Bruxelles : De Boeck.
- Rochex, J.-Y. & Crinon, J. (2011). *La Construction Des Inégalités Scolaires : Au Cœur Des Pratiques Et Des Dispositifs D'enseignement*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Roland, E. (2010). L'histoire des sciences de l'éducation en Belgique francophone et la recherche doctorale : questions et pistes de recherche. *Actes du congrès de l'AREF 2010*. Genève, Suisse.
Récupéré à l'adresse : <https://difusion.ulb.ac.be/vufind/Record/ULB-DIPOT:oai:-dipot.ulb.ac.be:2013/67402/Holdings>
- Roland, E. (2019). Le mouvement d'éducation nouvelle : tensions et controverses. *Actes du colloque du 1er colloque international organisé par la cocof*. Regards croisés sur les pratiques en pédagogies actives (p. 61-71). Bruxelles, Belgique. Récupéré à l'adresse : http://www.colloque-pedactives-cocof.com/files/uploads/2019/01/20190110_Cocof_recueil_web.pdf

ANNEXE 1

PRINCIPAUX THÈMES ABORDÉS AVEC LES PARTICIPANTS ET EXEMPLES DE QUESTIONS POSÉES

Ces thèmes généraux ne présentent pas les nombreuses questions d'éclaircissement et d'exemplification posées spontanément à certains participants car elles sont justement fonction des propos particuliers.

AVANT LES STAGES :

- Motifs d'entrée dans le métier ; motif d'inscription à l'agrégation ; attentes envers l'agrégation, etc.

Exemples : à quel moment avez-vous choisi de vous orienter vers l'enseignement ? Pourquoi avoir fait le choix de l'enseignement ? Qu'attendez-vous de cette formation ?

- Regard sur la formation ; acceptation ou rejet du discours de la formation ; raisons ; difficultés rencontrées, etc.

Exemples : est-ce qu'il y a des choses qui vous interpellent dans le discours de la formation ? Quels sont les propos qui vous paraissent pertinents ? Quelles difficultés rencontrez-vous dans cette formation ?

- Parcours antérieur : secondaire, supérieur, redoublement, réorientations, choix de la discipline, expérience d'enseignement, etc.

Exemples : quelles options avez-vous choisi au secondaire ? Avez-vous déjà doublé des classes ? Pourquoi avoir choisi la biologie/chimie/physique après les études secondaires ? Avez-vous déjà enseigné dans une école ?

APRÈS LES STAGES :

- Entrée dans le métier ou abandon.

Exemples : pensez-vous enseigner à la rentrée ? Si non, pourquoi ? Vos attentes envers la formation ont-elles été rencontrées ? Si non, pourquoi ?

- Regard sur la formation ; acceptation ou rejet du discours de la formation ; raisons ; attentes des formateurs et regard sur ces attentes.

Exemples : maintenant que vous avez enseigné, que pensez-vous du discours de la formation ? Quelles sont les attentes des formateurs ? Sont-elles justifiées ? Si vos stages étaient à refaire, que feriez-vous différemment ? Pourquoi ?

ANNEXE 2

CATÉGORIES D'ACCEPTATION OU DU REJET DU DISCOURS DE LA FORMATION

Seules sont rapportées ici les catégories qui rassemblent des propos d'au moins deux participants. Ces catégories ne sont pas mutuellement exclusives. Comme elles ont été construites à posteriori, il n'était pas pertinent d'assembler le tableau relatif à l'acceptation du discours de la formation avec celui relatif au rejet du discours de la formation.

Catégories d'acceptation du discours de la formation	N (/18)	Exemples
Le contenu du cours est utile, vrai, intéressant	13	C'est plus les cours de didactique que le reste mais le cours de didactique, il forme vraiment, ça c'est vraiment positif, ça a vraiment quand même un sens de l'avoir eu avant de commencer les stages donc c'est positif.
Notion de « pédagogie active »	7	Je préfère plus la pédagogie active parce que c'est un peu moins stressant que la pédagogie cours magistral... c'est les élèves qui travaillent c'est pas moi du coup.
S'adapter aux élèves	5	Les « sciences générales » [filière d'enseignement], c'est vraiment aller plus dans la complexité, plus dans les concepts quoi. Alors que vraiment « sciences de base » [autre filière] c'est en quoi ça, ça va servir à la personne dans sa vie de tous les jours. Ils doivent pouvoir l'appréhender de façon beaucoup plus pratique et donc c'est moins théorique.
Importance de maîtriser la matière à enseigner et être exact	5	Ce que disait notre prof ici en didactique et je pense que c'est assez vrai, c'est que quand on connaît super bien son cours, ben les élèves nous respectent.
Nécessité de préparer ses leçons	4	On nous forçait à faire ce minutage pour pouvoir plus facilement s'adapter au cas où il manquerait du temps et ça je trouve que c'est intéressant.
Notion de situation-problème	3	L'utilisation des situations-problèmes, qui étaient très intéressantes, qui est je pense qui est vraiment une super méthode d'enseignement mais qui est super dure à faire.
Gérer le temps, finir le programme	3	... qu'il ne faut pas laisser les élèves trop longtemps travailler en autonomie parce que plus on les laisse longtemps, plus c'est lent. Et c'est vrai que je m'en suis rendu compte.
Notion de compétence	3	La compétence : qu'est-ce qu'il faut faire ? Il faut savoir lire un graphique [...] je n'aurais pas pu mettre en place ce que j'ai dû mettre en place pour faire le cours. Donc j'ai trouvé ça très utile.

Utiliser du matériel didactique	2	Ensuite... Qu'est-ce qu'il y avait d'autre ? L'utilisation de matériel didactique, surtout en biologie, c'est important, donc du matériel qui permette de voir les choses ou d'expérimenter quelque chose.
Utilité des phases de « mise en situation »	2	C'est plus sympa de les faire regarder quelque chose à chaque leçon et cetera, les mises en situation par exemple quand ils arrivent, les interpeller avec des exemples ou des objets ou des situations qui les amènent au cours.
L'enseignement de la théorie de l'évolution	2	Il y avait des choses qui étaient intéressantes, des propositions, de comment parler de l'évolution, par exemple avec un prof de français qui étudierait des textes créationnistes pour montrer comment les arguments sont fallacieux et tout ça.
Notion de préconception	2	... ça peut expliquer pourquoi malgré le fait qu'on explique plusieurs fois, l'élève ne comprend toujours pas parce qu'en fait il a une conception dans sa tête et il n'arrive pas à en être quitte.

Catégories de rejet du discours de la formation	N (/18)	Exemples
Le manque d'aspects pratiques	8	J'ai vraiment l'impression qu'on envisage la discipline [...] mais on la décontextualise totalement de tout cet aspect très pratique.
L'importance d'avancer assez vite et de finir le programme	6	Quand on regarde la check-list de tout ce qui est requis pour bien faire un cours... on se dit, mais, il n'y a pas moyen ! Que ce soit dans un environnement d'école où le temps imparti est assez court.
L'inapplicabilité des attentes des formateurs envers leurs étudiants	6	Les mises en situation, il n'y a pas toujours un truc dingue à montrer aux élèves. Moi je suis désolé, je ne vais pas passer trois heures le soir juste pour trouver une mise en situation.
Des contenus manquants dans les cours de la formation	6	Je m'attendais quand même à plus à de la didactique de la physique donc vraiment comment est-ce qu'on peut enseigner la physique et lui en fait il a plus parlé du «à qui» pas du «comment».
Notion de « pédagogie active »	5	On essaie de nous amener à l'agrégation à plus de pédagogie active. Mais après euh... [...] je ne crois pas que les élèves soient, contre un cours un peu magistral, à certains moments.
Le contenu des cours	5	Dans le cours pédagogie et didactique on voit un petit peu tout et son contraire. Ben on ne dit pas forcément toujours ce qui est la bonne théorie.

La supériorité de la pratique et des stages sur les cours théoriques	5	C'est vrai que bon on voit les grands courants, les grands concepts mais bon une fois qu'on est dans la classe en soi c'est pas vraiment ça qui nous aide.
Le décalage du discours avec la réalité du terrain	5	Avec elle, on avait un peu l'impression qu'à chaque cours il fallait faire un expérience mais on se rend compte sur le terrain que non en fait, il n'y a pas à chaque cours une expérience.
Notion de situation-problème	3	C'est impossible de faire une situation-problème à chaque leçon. Parce qu'en fait, t'avances moins vite dans la matière.
Des contenus « faux »	3	Un truc d'ailleurs où je ne suis pas toujours d'accord, avec ce que dit [Nom du formateur] qui dit que si vous êtes passionnants les élèves seront passionnés.
L'enseignement de la théorie de l'évolution	3	... qu'il y a des personnes qui ne croient pas souvent pour des raisons religieuses et la manière d'y répondre, c'est que la science c'est la science, que voilà tu peux croire ce que tu veux chez toi, mais que ça c'est une accumulation de faits, pour lesquels je suis en parti d'accord mais qui est aussi une construction. Même la science est une construction.
Les attentes implicites des formateurs	2	Le manque de clarté des attentes c'est sûr qu'avec un cahier de charge un peu plus précis je saurais être mieux en phase avec ce qui est demandé.
Notion de compétence	2	On pouvait dans une de nos préparations faire une évaluation des compétences [...] moi j'y crois pas, ce n'est pas possible mais ça me paraît fou de penser que les élèves avec l'enseignement, d'où ils viennent, comment ça se passe, toujours être justement pas du tout autonome et même si on pousse à ça.

CARACTÉRISTIQUES COMMUNES DES PRATIQUES D'ENSEIGNANTS DE CHIMIE ET DIMENSION DIDACTIQUE DE LEUR IDENTITÉ PROFESSIONNELLE

Chiraz Ben Kilani

Résumé : Dans cette recherche, nous rapprochons les déterminants de l'action professorale et la composante didactique de l'identité professionnelle des enseignants, plus particulièrement celle qui concerne la transmission des savoirs particuliers relatifs à la chimie. Pour l'analyse des pratiques, nous mobilisons le cadre de l'action conjointe en didactique. Nous pointons des éléments relevant de l'identité professionnelle enseignante qui pourraient être mobilisés en contexte professionnel, notamment en classe, et qui contribueraient à l'élaboration de cette identité et à son évolution. Via une méthodologie qualitative reposant sur quatre études de cas, nous tentons de saisir de quelle(s) manière(s) certains éléments qui déterminent l'action des enseignants de chimie pourraient caractériser l'identité professionnelle de ces derniers dans sa dimension didactique. Les résultats nous amènent à repérer des éléments récurrents caractérisant la dimension didactique de l'identité professionnelle des enseignants de chimie en Tunisie : le point de vue sur l'apprentissage, sur l'enseignement et la vision sur le savoir enseigné.

Mots-clés : action conjointe, identité professionnelle, chimie, déterminants.

COMMON CHARACTERISTICS OF CHEMISTRY TEACHER PRACTICES AND DIDACTICAL DIMENSION OF THEIR PROFESSIONAL IDENTITY

Abstract : In this research, we try to bring together the determinants of professorial action and the didactic component of the teachers' professional identity, more particularly that which relates to the transmission of particular knowledge relating to chemistry. For the analysis of practices, we mobilize the framework of joint action in didactics. We point out elements relating to the teaching professional identity which could be mobilized in professional context, in particular in class, and which contributed to the development and the evolution of this identity. Via a qualitative methodology based on four case studies, we try to grasp in which way (s) certain elements which determine the action of chemistry teachers could characterize their professional identity in its didactic dimension. The results lead us to identify recurring elements characterizing the didactic dimension of the professional identity of chemistry teachers in Tunisia : the point of view on learning, on teaching and the vision on the knowledge taught.

Keywords : Joint action, professional identity, chemistry, determinants

INTRODUCTION

Cette recherche s'inscrit dans une approche didactique pragmatiste issue de la philosophie et de la sociologie pragmatistes (Calmettes, 2012). Nous cherchons à décrire et comprendre l'action didactique de l'enseignant de chimie en classe, afin de la caractériser et de tisser le lien entre les caractéristiques communes de ces pratiques et la composante didactique de l'identité professionnelle, celle qui concerne la transmission des savoirs particuliers relatifs à la chimie. Nous commençons par présenter les cadres théoriques relatifs à l'étude des pratiques et à l'identité professionnelle. Nous exposons ensuite la méthodologie développée pour définir les caractéristiques communes des pratiques d'enseignement en chimie dans quatre classes tunisiennes différentes. Leur discussion nous conduit à en inférer les déterminants communs et à caractériser la dimension didactique de l'identité professionnelle de ces enseignants de chimie.

CADRE THÉORIQUE ET OBJECTIF DE LA RECHERCHE

L'ACTION DIDACTIQUE CONJOINTE

Nous avons choisi de mobiliser le cadre de l'action conjointe en didactique (Sensevy, Mercier & Schubauer-Leoni, 2000 ; Sensevy, 2007) pour notre étude, dans la mesure où elle permet de décrire et de comprendre l'action didactique de l'enseignant et de l'élève dans les situations de classe. Cette approche suppose « l'étude et la modélisation de l'action effective de celui qui enseigne et de ceux qui étudient dans des conditions données, avec des effets sur le système triadique ainsi que sur ses composantes » (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2002, p. 233). Sensevy (2007) considère que l'action didactique présente un caractère conjoint, puisqu'enseigner renvoie à la nécessité d'apprendre et vice versa. Le contenu de savoir ainsi que le sens qui lui est associé, sont négociés au cours des interactions et considérés à tout moment comme provisoires. L'action conjointe est caractérisée par un contrat et un milieu et par des descripteurs.

La chronogenèse, la topogenèse et la mésogenèse forment un système de descripteurs qui peut être utilisé pour décrire la dynamique de l'élaboration des savoirs (Sensevy, 2007). La genèse du milieu, ou mésogenèse, nous renseigne sur l'évolution du milieu au cours des transactions didactiques. La chronogenèse décrit l'évolution du savoir en jeu au cours du temps et la topogenèse décrit la répartition de la responsabilité épistémologique entre professeur et élève. Une évolution de la mésogenèse entraîne automatiquement celle de la chronogenèse et de la topogenèse (Amade-Escot & Venturini, 2009).

Comprendre l'action didactique revient à chercher « certaines raisons aux comportements didactiques » (Sensevy, 2007, p. 38). Parmi elles, certaines échappent en partie à l'intentionnalité des enseignants et peuvent expliquer une part importante de leur action. Sensevy regroupe ces « déterminants » de l'action professorale selon deux dimensions, l'une institutionnelle et l'autre épistémologique.

L'IDENTITÉ PROFESSIONNELLE

L'identité professionnelle enseignante est, selon plusieurs travaux (par exemple Cattonar, 2001 ; Lasky, 2005), ce qui permet à tous les enseignants de se reconnaître et d'être reconnus comme tels, de se définir à eux-mêmes et aux autres. Il s'agit donc d'un ensemble de « caractéristiques » qui « l'identifie en tant qu'enseignant' et que l'enseignant partage, qu'il a en com-

mun avec d'autres enseignants, du fait d'appartenir au même groupe professionnel » (Cattonar, 2001, p. 5)

L'identité professionnelle (et donc l'identité professionnelle enseignante) est selon Blin (1997, p. 182), un « ensemble d'éléments particuliers de représentations professionnelles », elles-mêmes considérées par Jodelet (1989, p. 36), comme « une forme de connaissance socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourante à la construction d'une réalité commune à un ensemble social ».

Représentations et identité professionnelles enseignantes comportent de nombreuses dimensions associées au contexte professionnel. Au-delà d'éléments généraux liés aux aspects transversaux de la profession, des travaux sur les représentations et l'identité professionnelles se sont plus particulièrement centrés sur la dimension disciplinaire de l'activité professorale. Ainsi, par exemple, nous disposons d'informations sur les représentations professionnelles concernant l'enseignement des mathématiques (Robert & Robine, 1989), de la gymnastique (Roux-Perez, 2006), sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences et de la technologie (Gauthier et al., 2005) ou encore, sur l'enseignement des sciences physiques (Boilevin, 2013 p. 201-236 ; Robardet, 1998). De la même manière, Riopel (2006, p. 94-106) a montré l'importance des contenus disciplinaires dans l'identité professionnelle d'enseignants du primaire.

On peut donc avancer l'idée que l'identité professionnelle, fondée sur des représentations professionnelles, comporte une dimension directement liée à la spécificité des savoirs transmis, la dimension didactique. C'est sur celle-ci que nous focalisons la suite de l'article, à partir d'une approche différente de celles qui se basent sur des entretiens et des questionnaires. En effet, comme nous l'avons rappelé, cette identité a à voir avec la pratique, qu'elle oriente et dans laquelle elle se construit de manière évolutive.

POSITION DU PROBLÈME

Dans les parties précédentes, deux points de vue à propos de l'identité professionnelle enseignante ont été soulevés :

- le premier, issu du champ de la psychologie sociale, relève des représentations sociales auxquelles on accède principalement à partir « de productions discursives » (Abric, 1994, p. 15) ;
- le second, d'inspiration pragmatique, relève des déterminants de l'action professorale. Ces déterminants sont inférés de l'action didactique et l'incertitude associée à ces inférences est réduite à l'aide d'entretiens avec les professeurs (Leutenegger, 2000).

Ce rapprochement nous paraît possible pour caractériser la dimension didactique de l'identité professionnelle enseignante à partir de l'analyse de l'action didactique, pour plusieurs raisons :

- des éléments relevant de l'identité professionnelle enseignante peuvent être mobilisés en contexte professionnel, notamment en classe ;
- le contexte professionnel contribue à l'élaboration et à l'évolution de l'identité professionnelle ;
- si l'identité professionnelle est généralement accessible à partir des déclarations des acteurs, celles-ci sont aussi prises en compte lors du processus de formalisation des déterminants, pour réduire l'incertitude liée aux inférences effectuées à partir des descriptions de l'action didactique.

Partant du principe que les déterminants ont un caractère individuel, nous nous focalisons uniquement sur les caractéristiques communes de ceux-ci pouvant apparaître chez plusieurs professeurs. Nous postulons qu'ils vont être des candidats pour contribuer à la caractérisation de la dimension didactique de l'identité professionnelle.

MÉTHODOLOGIE

Nous avons fait le choix d'examiner le développement de l'action didactique dans quatre classes différentes qui ont fait l'objet d'études¹ précédentes. Les enseignants et enseignantes des classes concernées (P1, P2, P3 et P4) ont une expérience professionnelle variée et enseignent des thèmes divers au lycée. Ces études ont toutes pour objet de décrire les dynamiques de l'action didactique conjointe associée à l'enseignement de différents objets de savoir de la chimie. Les lycées sont situés à différents endroits du territoire tunisien et les élèves sont dans des niveaux scolaires différents. Si les activités que déploient les enseignant(e)s avec leurs élèves relèvent toutes de « pratiques ordinaires », elles sont de nature différente (investigation, cours, travaux pratiques) et s'adressent à un nombre varié d'élèves (de 13 à 21). Nous avons privilégié cette variété pour que les caractéristiques de l'action didactique communes à tous les cas, donnent lieu à des déterminants susceptibles d'être de bons candidats à la dimension didactique l'identité professionnelle.

Les données recueillies dans chacune des études se composent de :

- vidéos des séances de classe, du manuel officiel de la classe considérée et des programmes d'enseignement ;
- entretiens avec les enseignants, antérieurs et postérieurs à la séance.

Les vidéos et les entretiens ont été transcrits. Les propos des divers locuteurs sont pris en compte ainsi que certains gestes, en particulier ceux liés à la progression du savoir dans la classe. Chaque séance est structurée au niveau mésoscopique à l'échelle de 5 à 15 minutes, en lien avec le rythme de changement des activités des élèves dans chaque classe.

Conformément aux concepts de la TACD, nous interprétons l'action didactique pour identifier le changement ou les modifications du contrat, du milieu et de l'enjeu de savoir. Ainsi, nous repérons, par exemple, les moments où le milieu change de manière importante, où un savoir est institutionnalisé et où le contrat évolue ou bien est rompu. Ce sont donc les modifications significatives dans la chronogenèse et/ou la mésogenèse et/ou la topogenèse qui sont traitées. Ces opérations ont permis la constitution du synopsis pour chaque séance observée.

Parallèlement et de manière dialectique, une narration didactique a été réalisée pour contribuer à l'identification des évolutions significatives dans les dynamiques de l'action didactique en termes de méso, topo et chronogenèse.

Les caractérisations correspondant à chaque séance ont été croisées entre elles et les éléments communs ont été relevés. Les déterminants des pratiques ont été inférés à partir des caractéristiques de ces pratiques et des entretiens. Ils relèvent essentiellement des deux dimensions de la pratique : épistémologique et institutionnelle.

1 Voir Ben Kilani (2019), Riani-Daoud (2014), Ben Kilani et Slimi (2015), Nouri et Ben Kilani (2012) pour un compte-rendu des recherches dont les données recueillies à cette occasion ont été exploitées dans la présente étude.

L'incertitude liée à ces inférences a souvent été réduite à l'aide des informations contenues dans les entretiens. Ces déterminants ont alors été considérés comme susceptibles de contribuer à la dimension didactique de l'identité professionnelle.

RÉSULTATS

CARACTÉRISTIQUES DE L'ACTION DIDACTIQUE CONJOINTE COMMUNES AUX QUATRE

CLASSES OBSERVÉES

Nous rapportons ici uniquement les caractéristiques de l'action didactique communes aux quatre cas étudiés. Celles-ci sont relatives au format de l'enseignement dispensé et à ses conséquences topo et chronogénétiques, à la nature des tâches épistémiques proposées aux élèves, à la place occupée par les élèves dans les interactions, à la manière dont sont élaborés les savoirs scolaires et à l'image de la science qui en résulte implicitement.

Dans les quatre cas observés, l'action didactique présente les caractéristiques communes suivantes :

- elle est développée sous couvert d'un format d'enseignement de type « cours dialogué » dans lequel le pattern des interactions est de type « IRE² » ;
- les enseignants y assument la responsabilité de l'avancée des savoirs ; cette position topogénétique haute étant généralement associée à un pilotage étroit du développement de l'action didactique à partir de questions fermées liées directement au savoir à établir et de l'attribution aux élèves de tâches peu exigeantes sur le plan épistémique. Ce positionnement a pour conséquences une chronogénèse régulière et rapide ;
- les élèves sont constamment sollicités par l'enseignant, mais en général pour contribuer sur des traits de surface à l'action didactique, c'est ce qu'ils font régulièrement ;
- les savoirs sont établis de manière inductive à partir d'expériences proposées dans le manuel en lien direct avec les savoirs qu'il est prescrit d'enseigner. Ces savoirs ne se discutent pas dans la classe et peuvent apparaître dogmatiques.

DES DÉTERMINANTS DE L'ACTION PROFESSORALE SUSCEPTIBLES D'ÊTRE CONSTITUTIFS DE

LA DIMENSION DIDACTIQUE DE L'IDENTITÉ PROFESSIONNELLE

Nous discutons maintenant ces résultats relatifs aux caractéristiques communes des pratiques, en les rattachant à quatre déterminants de l'action professorale, inférés des analyses des pratiques, participant aux éléments communs de l'épistémologie pratique des enseignants observés. Ces quatre déterminants constituent la synthèse que nous avons établie en lien avec les points de vue des enseignants sur l'apprentissage et l'enseignement, ainsi que leurs points de vue sur les savoirs et leur élaboration :

- le professeur détient le savoir et le transmet à ses élèves : l'analyse des pratiques in situ montre la part largement prépondérante prise par le professeur dans l'avancée des savoirs dans la classe qu'il pilote, ne laissant aux élèves que des tâches mineures. On peut donc avancer que le professeur agit comme s'il détenait un savoir

2 Initiation Réponse, Evaluation (Sinclair et Coulthard, 1992)

- qu'il avait la charge de transmettre lui-même directement à ses élèves ;
- l'élève doit demeurer « actif » tout au long de la leçon pour apprendre : les enseignants sollicitent de manière continue les élèves qui jouent le jeu demandé, si bien qu'ils sont continuellement en activité, même si leur contribution à l'avancée des savoirs est mineure. Ainsi, pour les enseignants, « l'activité » de l'élève, entendue comme participation aux interactions didactiques pilotées par l'enseignant, est nécessaire à l'apprentissage des savoirs scientifiques ;
 - les documents officiels (programmes et manuel de l'élève) constituent la référence pour le savoir à enseigner et la manière de le faire : l'ensemble des professeurs proposent des activités aux élèves et des supports de travail directement recommandés dans les documents officiels et dans le même ordre que la prescription. De la même manière, les enseignants opèrent des institutionnalisations correspondant aux savoirs prescrits. Ils impliquent aussi les élèves dans ces activités comme le demandent les programmes, ou au moins comme ils interprètent cette demande ;
 - les savoirs scientifiques sont élaborés essentiellement de manière inductive, notamment à l'école : l'élaboration inductive des savoirs dans toutes les classes observées nous amène à supposer que les enseignants ont un point de vue inductif sur la construction des savoirs scientifiques scolaires, dans lequel l'expérience est nécessaire pour comprendre et apprendre et probablement aussi, un point de vue inductif sur la construction des savoirs scientifiques de la physique et de la chimie. Ainsi, pour enseigner les caractères qualitatifs d'une réaction chimique, l'enseignant P1, mobilise pour chacun d'eux, une expérience qu'il s'agit de réaliser, par exemple la réaction entre des grenailles de zinc et le sulfate de cuivre II en solution pour mettre en avant le caractère exothermique d'une transformation chimique. P2, de son côté, fonde les lois de la stœchiométrie sur l'observation de l'apparition et de la disparition de couleurs lorsqu'il mélange, à des proportions différentes à chaque fois, une solution d'acide chlorhydrique avec une solution de soude, en présence d'un indicateur coloré. P3 fait momentanément exception et démarre la leçon par des questions à la classe, mais il propose très rapidement le protocole expérimental pour mettre en évidence le concept de concentration massique associé à la comparaison du goût de trois solutions sucrées. Enfin, P4 définit les acides et les bases à partir d'exemples de réactions pris dans une vidéo, montrant, par exemple, l'existence de brûlures d'estomac dues à la présence d'acide gastrique dans l'œsophage et la neutralisation de l'excès de cet acide pour soulager ces brûlures.

Ces quatre déterminants qui, selon nous, structurent et orientent l'action didactique, partagés par les quatre enseignants observés, étrangers les uns aux autres et enseignant à des niveaux différents des sujets différents dans des endroits différents, apparaissent comme de bons candidats pour contribuer à la caractérisation de la dimension didactique de l'identité professionnelle des enseignants tunisiens de chimie

DISCUSSION ET CONCLUSION

Ce point de vue attribué aux enseignants tunisiens est compatible avec les résultats d'autres travaux (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000 ; Porlan Ariza et al., 1998 ; Robardet & Vérin, 1998 ; Roletto, 1998 ; Ouarda & Ginestié, 2009) montrant que les points de vue épistémologiques des enseignants sont hétérogènes et constitués d'éléments empruntés à différents modèles épis-

témologiques. Ces points de vue relèvent, selon Venturini et Tiberghien (2012), de l'empirisme quant au statut des connaissances auxquelles les enseignants confèrent une supériorité par rapport aux connaissances non scientifiques, au réalisme quant à leur rapport aux objets de savoir et à l'inductivisme pour ce qui est de leur processus d'élaboration.

En prenant notamment appui sur l'idée que l'identité professionnelle, tout comme l'épistémologie pratique, se construit dans la pratique professionnelle, mais aussi la structure et l'orienté, nous avons cherché à caractériser la dimension didactique de l'identité professionnelle d'enseignants tunisiens de chimie à partir d'une analyse de pratiques d'enseignement. Nous avons choisi de travailler sur quatre cas différents en termes d'enseignants, de thèmes enseignés, de niveaux et de lieux d'enseignement. Nous avons analysé l'action didactique conjointe constitutive de l'enseignement et de l'étude des savoirs en jeu. Ces analyses, fondées principalement sur un corpus de vidéos de séances de classe, ont permis d'identifier des caractéristiques de l'action didactique communes aux quatre cas étudiés, portant sur le format d'enseignement et ses conséquences sur les genèses de l'action didactique, ainsi que sur l'activité de l'élève et sur le rôle de l'expérience dans l'enseignement de la chimie. Nous avons alors inféré de cette description des composantes communes de l'épistémologie pratique des quatre enseignants observés dont nous considérons qu'elles sont de bons candidats pour la caractérisation de la dimension didactique de l'identité professionnelle des enseignants de chimie tunisiens. Il resterait maintenant à s'interroger sur la portée de ce résultat concernant le contexte tunisien et l'enseignement de la chimie : peut-on inférer la même caractérisation de la dimension de l'identité professionnelle s'il s'agit d'un enseignement de physique ? Ou s'il s'agit d'un contexte plus général que les institutions tunisiennes ?

BIBLIOGRAPHIE

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. (2000). The influence of the history of science courses on students' views of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057–1095.
- Abric, J.-C. (1994). *Pratiques sociales et représentations*. Paris, France : Presses universitaires de France.
- Amade-Escot, C. & Venturini, P. (2009). Le milieu didactique : d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Education et didactique*, 3(1), 7-43.
- Ben Kilani, C. (2019, sous presse). Analyse de pratiques ordinaire d'une enseignante de chimie : cas de l'enseignement des caractères qualitatifs d'une réaction chimique pour des élèves de première année secondaire (grade 10). *Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies (RDST)*.
- Ben Kilani, C. & Slimi J. (2015). Quelles démarches pour enseigner les sciences à l'école ? In S. Chouk (Ed.), *Les sciences et technologies dans les réformes du système éducatif tunisien* (pp.14-34). Tunis, Tunisie : Presses de L'Académie Tunisienne des Sciences, des Lettres et des Arts Beït al-Hikma.
- Blin J., F., (1997). Les représentations professionnelles : un outil d'analyse du travail. *Éducation permanente*, 132(3), 159-170.
- Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles, Belgique : De Boeck.
- Calmettes, B. (2012). *Démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation*. Paris : L'Harmattan.

- Cattonar, B. (2001). Les identités professionnelles enseignantes. Ébauche d'un cadre d'analyse, *Cahiers de recherche du GIRSEF*, 10.
- Gauthier, D., Garnier, C. & Marinacci, L. (2005). Les représentations sociales de l'enseignement et de l'apprentissage de la science et de la technologie d'élèves et d'enseignants du secondaire. *Journal International sur les Représentations Sociales*, 2(1). 20-32.
- Jodelet, D. (1989). Représentations sociales : un domaine en expansion. In D. Jodelet (Ed.), *Les représentations sociales* (pp. 31-61). Paris : PUF
- Lasky, S. (2005). A sociocultural approach to understanding teacher identity, agency and professional vulnerability in a context of secondary school reform. *Teaching and Teacher Education*, 21(8), 899-916.
- Leutenegger, F., (2000). Construction d'une «clinique» pour le didactique. Une étude des phénomènes temporels de l'enseignement. *Recherches en didactique des mathématiques*, 20 (2), 209-250.
- Nouiri, A. & Ben Kilani, C. (2012). PCK des enseignants tunisiens de terminal relatif à l'avancement chimique. *Skholê*, 17, 219-226.
- Ouarda, O. & Ginestí J. (2009). Conceptions didactiques et épistémologiques de cinq enseignants tunisiens de sciences physiques, *Didaskalia*, 35,101-138.
- Porlàn Ariza, R., Garcia Garcia, E., Rivero Garcia A. & Martin del Pozo, R. (1998). Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage, *ASTER*, 26, 207-235.
- Riani-Daoud, I. (2013). *Analyse des pratiques enseignantes en chimie : cas de l'enseignement de la stœchiométrie pour des élèves de première année secondaire*. Mastère de recherche. Université de Tunis.
- Riopel, M.-C. (2006). *Apprendre à enseigner : une identité professionnelle à développer*, Ste Foy : Les presses de l'université de Laval.
- Robardet, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique. *Aster*, 26, 31-58.
- Robardet, G. & Verin, A. (1998). L'enseignement scientifique vu par les enseignants. *Aster*, 26, 3-10.
- Robert, A. & Robinet, J. (1989). Représentations des enseignants de mathématiques sur les mathématiques et leur enseignement. *Cahier de DIDIREM, IREM de Paris Michèle Artigue*, 2-86612-094-9.
- Roux-Perez, T. (2006). Représentations du métier d'enseignant et rapport à la formation chez les étudiants en STAPS : une identité professionnelle en construction. *Staps*, 73(3), 57-69.
- Schubauer-Leoni, M. L. & Leutenegger, F. (2002). Expliquer et comprendre dans une approche clinique/expérimentale du didactique ordinaire. In F. Leutenegger & M. Saada-Robert (Ed.), *Expliquer, comprendre en sciences de l'éducation*. (pp. 227–251). Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G. (2001). Modèles de l'action du professeur : nécessités, difficultés. In A. Mercier, G. Lemoyne & A. Rouchier (Eds), *Le génie didactique. Usages et mésusages des théories de l'enseignement*. (pp. 209-232). Bruxelles, Belgique : De Boeck.
- Sensevy, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.). *Agir ensemble: l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes, France : Presses universitaires de Rennes.

- Sensevy, G., Mercier, A. & Schubauer-Leoni, M.-L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur. À propos de la cours à 20. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 20(3), 263-304.
- Sinclair, J. M. H. & Coulthard, R. M. (1992). *Towards an analysis of discourse*. London, UK: Open University Press.
- Tiberghien, A. & Venturini, P. (2015). Articulation des niveaux microscopiques et mésoscopiques dans les analyses de pratiques de classe à partir de vidéos. *Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies*, 11, 53-78.
- Venturini P. & Tiberghien A. (2012). Mise en œuvre de la démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue française de pédagogie*, 3(180), 95-120.

CARACTÉRISTIQUES DISCRIMINANTES DE TÂCHES DE SCIENCE SELON LE NIVEAU SOCIO-ECONOMICO-CULTUREL ET LA PERFORMANCE DES ÉLÈVES

EXEMPLE DES ITEMS PISA SCIENCE 2015

Mylène Duclos¹, Florence Le Hebel¹, Andrée Tiberghien¹,
Pascale Montpied¹, Valérie Fontanieu²

1 : Interactions, Corpus, Apprentissages, Représentations (ICAR)
École Normale Supérieure - Lyon, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5191
2 : IFE - Ecole Normale Supérieure de Lyon

Résumé : Les résultats français PISA Science 2015 montrent que la corrélation entre le statut économique social et culturel (SESC) des élèves et leur performance, est l'une des plus élevées des pays de l'OCDE. L'objectif de l'étude est d'identifier les caractéristiques principales des items PISA qui discriminent les performances des élèves en fonction de leur SESC et de leur niveau de performance à PISA science. Afin de trouver ces caractéristiques, nous effectuons une analyse à priori des 183 items PISA science 2015, puis une analyse statistique. Après avoir proposé une catégorisation des caractéristiques, nous constatons que, selon le niveau de performance PISA (élevé ou faible) des élèves, leurs scores se distinguent selon des caractéristiques bien distinctes qu'ils soient de niveau socio-économique favorisé ou plutôt défavorisé.

Mots-clés : culture scientifique, PISA, niveau socio-économique et culturel de l'élève, niveau de performance de l'élève, source de difficultés

DISCRIMINATING CHARACTERISTICS OF SCIENCE TASKS ACCORDING TO SOCIOECONOMIC-CULTURAL LEVEL AND PERFORMANCE OF STUDENTS

EXAMPLE OF PISA 2015 SCIENCE ITEMS

Abstract : The French PISA Science 2015 results show that the correlation between the economic, social and cultural status (SESC) of students and their performance is one of the highest among OECD countries. The objective of the study is to identify the main characteristics of PISA items, which discriminate against students' performance according to their SESC and their PISA performance. In order to find these characteristics, we carry out an à priorianalysis of the 183 PISA science 2015 items that we complete with a statistical analysis. After proposing a categorization of the characteristics, we find that according to their level of performance (high or low) their score is distinguished by very distinct characteristics whether they are of a favoured or rather disadvantaged socio-economic level.

Keywords : scientific literacy, PISA, students' socio-economic and cultural level, students' performance level, source of difficulty

INTRODUCTION

La compréhension de ce qui rend une question difficile pour les élèves est cruciale, autant pour les enseignants que pour les concepteurs des tests. Des études ont montré que les enseignants ont une prédiction juste des performances des élèves pour des tâches spécifiques (Südkamp et al, 2012 ; Maurice, 1996). Dans des recherches antérieures, nous avons étudié la prédiction des enseignants de sciences et de technologie en France à prédire les difficultés rencontrées par les élèves moyennement à faiblement performants lors de la résolution de tâche de sciences, en prenant l'exemple des items PISA science 2006 (Le Hebel, Tiberghien, Montpied & Fontanieu, 2019). Nos résultats ont montré que, même si les enseignants font preuve d'une bonne capacité à prédire les niveaux de difficulté des items pour les élèves moyennement à faiblement performants, ils ne peuvent prédire la façon dont les élèves résolvent les questions et n'identifient pas certains éléments essentiels des difficultés rencontrées par les élèves lors de la résolution de ces items (Le Hebel et al., 2019).

Dans la perspective d'améliorer l'expertise des enseignants sur la prédiction des difficultés que des élèves, en particulier les moins performants, peuvent rencontrer lors de la résolution des tâches relevant de la culture scientifique, nous cherchons dans un premier temps à comprendre quelles caractéristiques de tâches de sciences influencent les scores des élèves selon leur statut socio-économique et culturel et leur niveau de performance en science. Pour cela, nous utilisons des items relevant de la culture scientifique de l'évaluation internationale PISA Science 2015.

Le Programme International pour le Suivi et les Acquis des élèves (PISA) évalue les connaissances et les compétences, chez les élèves de 15 ans, essentielles à leur vie en société (OCDE, 2016). PISA mesure également le SESC (statut économique social et culturel) des élèves.

Les résultats montrent que la France est l'un des pays de l'OCDE où l'indice SESC des élèves est le plus fortement corrélé à leurs performances (scores). Dans cette étude, nous cherchons à identifier quelles caractéristiques, déterminées à partir d'une analyse à priori, des items PISA science 2015, sont les plus discriminantes selon le SESC des élèves et leur niveau de performance. Pour cela, nous avons effectué une analyse à priori des 183 items PISA science 2015, puis une étude statistique afin de déterminer le pouvoir explicatif de chacune ou d'un ensemble de caractéristiques sur la variation des scores, selon le groupe SESC et le niveau de performance des élèves.

LES SOURCES DE DIFFICULTÉ

Ces dernières décennies, de nombreuses recherches se sont intéressées à l'identification des facteurs de difficulté d'une question et plus précisément, à l'élaboration de modèles prédictifs de difficultés de questions (synthèse dans Dhillon et al., 2011). Par exemple, Ahmed & Politt (1999) distinguent d'une part, la difficulté liée aux propriétés de la « question » et d'autre part, les difficultés liées aux « processus » et aux « concepts ». Plusieurs auteurs ont proposé trois grandes catégories qui distinguent les sources de difficulté (par exemple Fisher-Hoch et al., 1997 ; Ahmed & Politt, 1999 ; Prenzel et al., 2002). En particulier, Crisp et Grayson (2013) ont proposé des « attributs de la question » (par exemple, le format de la réponse), « la connaissance et la compréhension évaluées par la question », et « les processus de la question » (entrepris pour atteindre la réponse à la question). Sur la base de ces études, nous avons élaboré

les catégories suivantes : « Caractéristiques intrinsèques des éléments » (liées au sens et aux aspects formels de la question), « Contenu en jeu », et « Stratégies et raisonnement ».

MÉTHODOLOGIE

Pour cette recherche, nous nous sommes basés sur les scores de l'échantillon représentatif des élèves de 15 ans en France pour PISA Science 2015.

Notre étude vise à déterminer les caractéristiques des items qui discriminent les populations d'élèves selon leur SESC. Nous nous sommes appuyés sur les caractéristiques pré-établies par PISA et sur des travaux antérieurs (Le Hebel, Montpied, Tiberghien & Fontanieu, 2017). À partir de ces caractéristiques potentielles, nous avons mené une analyse à priori de chaque item, à la suite de laquelle une étude statistique a été menée. Cette étude a conduit à identifier quelles caractéristiques ressortaient comme étant statistiquement explicatives de la variation de performances des élèves, suivant leur SESC et leur niveau de performance. Des allers-retours entre analyse à priori et étude statistique nous ont permis d'affiner les caractéristiques discriminantes. La distinction des groupes d'élèves a été faite de la manière suivante.

L'échantillon représentatif des élèves a été divisé en quartiles selon l'indice PISA du statut économique social et culturel. Nous avons sélectionné les quartiles extrêmes : SESC1, étant sur l'ensemble des élèves, les 25 % les plus défavorisés et SESC4 les 25 % les plus favorisés.

Pour les groupes d'élèves selon leur niveau de performance, nous avons suivi le même découpage que pour les groupes de SESC, à savoir une division de la population en quartiles (Le groupe « élèves forts » représentant les 25 % d'élèves de la population générale avec le niveau de performance le plus élevé, et le groupe « élèves en difficulté » les 25 % avec le niveau de performance le plus faible).

ANALYSE À PRIORI

Pour réaliser notre analyse à priori, dans un premier temps, nous nous sommes basés sur des caractéristiques d'items préétablies dans PISA Science 2015 (OCDE, 2016) : les formats de réponse aux questions, les compétences testées, les connaissances ainsi que les systèmes (correspondant aux disciplines) évalués, le DOK (Depth of knowledge), les deux contextes distingués par PISA (contexte-sujet et contexte-situation). Le premier contexte est en rapport avec le domaine d'application de la situation et le second est lié au fait que la situation stimule davantage une dimension personnelle, locale/nationale ou mondiale. Toutefois, nous avons affiné la catégorisation du 2ème contexte proposé par PISA car trop générale. En effet, certains contextes d'items pouvaient parfois évoquer deux niveaux de focalisation différents chez les élèves. Nous avons ainsi distingué 5 contextes : personnel/sociétal, personnel/global, sociétal/global, sociétal, global. Il en va de même pour le DOK, nous nous sommes plutôt basés sur l'échelle de DOK de Webb (2007) utilisée dans de précédents travaux (Le Hebel et al., 2017) et qui évalue la complexité cognitive d'un item selon 4 niveaux.

Dans un second temps, nous avons défini neuf caractéristiques supplémentaires.

Nous avons distingué les questions contenant des ressources (ou informations) disponibles dans la situation contextualisée, soit inutiles à l'élaboration de la réponse (questions indépendantes des ressources disponibles), soit utiles à la réponse (questions dépendantes).

Les contextes des questions PISA Science 2015 contiennent aussi généralement des informations relatives à la vie quotidienne des élèves et ce, de manière plus ou moins forte. Nous avons alors proposé une échelle pour mesurer cet aspect.

Nous avons évalué la longueur du texte par un comptage de mots.

Certains items contiennent la réponse dans le texte et/ou dans l'illustration, alors que d'autres, non ; nous avons donc codé la présence/absence de la réponse.

Nous avons aussi codé le type d'illustration, le lien question-illustration et la présence ou non d'une simulation dans l'item.

Nous avons identifié que certains contextes des items demandent aux élèves d'effectuer une projection, c'est-à-dire de se décentrer de leur point de vue et de concevoir le point de vue d'une communauté plus ou moins proche de leur vie quotidienne : communauté de savoir (chercheurs), de savoir-faire (jardiner, etc.) ou proche (les autres élèves).

Enfin, nous avons codé la présence possible d'un « matching » dans l'item c'est-à-dire d'une correspondance de termes entre la question et les réponses possibles proposées.

Nous avons ainsi codé 16 caractéristiques principales et 7 sous-caractéristiques (en lien direct avec les caractéristiques principales) pour les 183 items PISA science 2015 (cf. tableau 1.).

Caractéristiques principales	Sous-caractéristiques
Format	
Compétence	
Connaissance	Système (discipline) par rapport aux connaissances
Système évalué	
Contexte-sujet	
Contexte-situation	Contexte-situation (uniquement pour les items dépendants)
	Contexte simple/double (uniquement pour les items dépendants)
DOK	
Dépendance indépendance	
Niveau de référence à la vie quotidienne	
Longueur du texte	
Réponse dans l'item	
Type d'illustration	
Lien question-illustration	Lien question-illustration explicite ou implicite
Simulation	
Projection	Type de projection
	Projection directe ou indirecte
Matching	Matching aidant/invalidant

Tableau 1. : Ensemble des caractéristiques principales et sous-caractéristiques.

À partir des études citées précédemment, nous avons classé l'ensemble des caractéristiques en trois catégories distinctes. Nous avons regroupé les caractéristiques intrinsèques à l'item, celles relatives aux contenus en jeu et celles qui relèvent davantage des stratégies et raisonnements pouvant être mis en place par les élèves (cf. figure 1.).

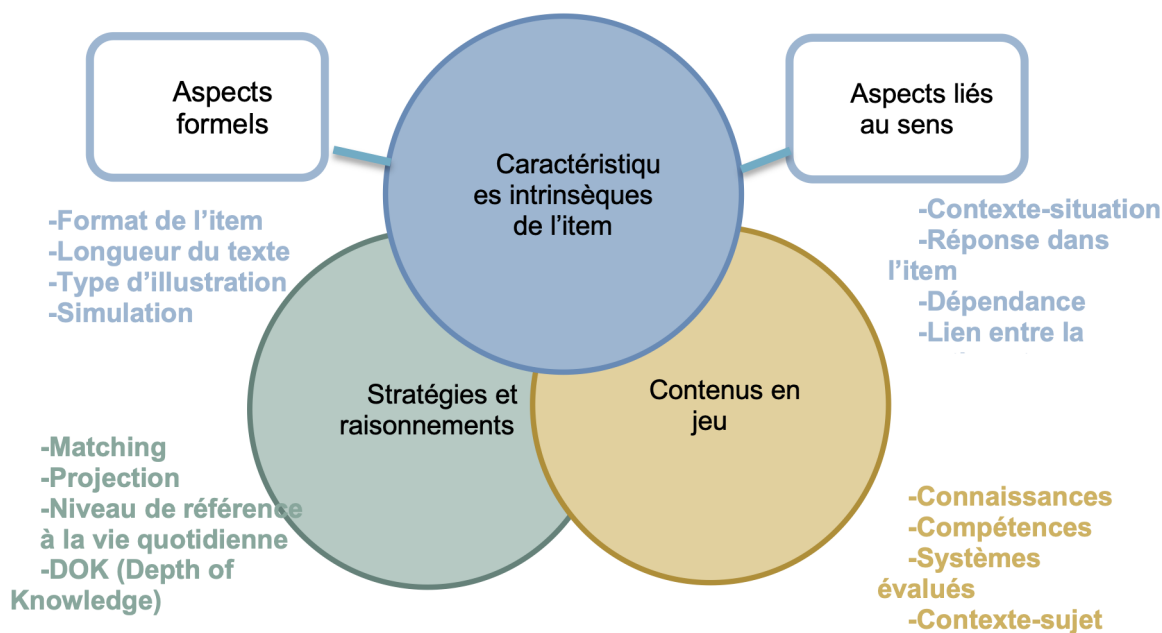


Figure 1. : Catégorisation des 16 caractéristiques principales

ANALYSE STATISTIQUE

Des modèles de régression linéaire multiple ont été utilisés pour identifier les caractéristiques des items qui influencent la différence de scores, selon le SESC et le niveau de performance des élèves.

Ainsi, pour savoir quelle caractéristique jouait un rôle sur l'écart de performance entre les différents groupes, nous avons procédé à différentes combinaisons de groupes comme ci-dessous :

- Élèves forts vs élèves faibles ;
- Élèves forts vs Élèves faibles dans le groupe SESC 4 ;
- Élèves forts vs Élèves faibles dans le groupe SESC 1 ;
- Élèves forts du groupe SESC1 vs Élèves forts du groupe SESC 4 ;
- Élèves faibles du groupe SESC1 vs Élèves faibles du groupe SESC 4 ;
- Élèves du groupe SESC 4 vs Élèves du groupe SESC 1.

Nous avons également procédé à une analyse de la dominance afin de classer les caractéristiques principales selon leur niveau d'influence sur l'écart de performance entre les groupes.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

L'analyse statistique montre que certains groupes de caractéristiques sont davantage liés au SESC des élèves, alors que d'autres sont davantage liés à leur niveau de performance. Si nous nous concentrons sur la variable « SESC », les résultats montrent que, parmi toutes les catégories (cf. figure 1.), celle concernant les « Stratégies et raisonnement » est la plus associée au

SESC des élèves. En effet, un plus grand nombre de caractéristiques de cette catégorie est relié au SESC en comparaison avec les autres catégories, pour lesquelles seulement une ou deux caractéristiques sont en lien avec le SESC. Pour rappel, cette catégorie rassemble la complexité cognitive (ou DOK), le matching (ou correspondance de mots), la projection ainsi que le niveau de vie quotidienne et les trois premières sont liées au SESC des élèves.

La projection bénéficie aux élèves selon leur SESC ($p < 0,05$), plutôt que selon leur niveau de performance PISA. Néanmoins, par rapport aux élèves défavorisés, ce sont les élèves favorisés qui bénéficient le plus de cette caractéristique. Plus précisément, parmi ceux de milieu favorisé, ce sont les élèves avec une meilleure performance qui en tirent le plus bénéfice ($p < 0,10$).

La présence d'une possibilité de matching dans l'item creuse l'écart entre les élèves de performance faible selon leur SESC ($p < 0,10$) et parmi ces élèves, ce sont les plus défavorisés qui en bénéficient le moins, en comparaison aux élèves de même niveau de performance PISA mais de milieu plus favorisé.

Les catégories qui distinguent les élèves de performances PISA faible et élevée ne sont pas les mêmes selon leur SESC. Par exemple, la caractéristique « contenus en jeu » distingue les élèves de performances PISA élevée selon leur SESC, alors que celle-ci ne ressort pas comme significative de l'écart de performance entre les élèves de performances PISA faible selon leur SESC. Ce qui différencie ces derniers sont plutôt des éléments de la catégorie « caractéristiques intrinsèques à l'item » (cf. figure 1.).

De plus, il est intéressant d'observer que la caractéristique qui a le plus de poids dans l'écart de performance dans le groupe des élèves de performance élevée dans PISA selon leur SESC, est la caractéristique relative à la complexité cognitive de l'item. Quant à l'écart de performance des élèves faibles selon leur niveau socio-économique et culturel, la caractéristique qui influence le plus l'écart de performance est le format ou plus exactement, le format ouvert qui demande à l'élève d'élaborer une réponse écrite, en comparaison à un format dit simple qui consiste à sélectionner une seule réponse parmi plusieurs proposées ($p < 0.01$).

DISCUSSION & PERSPECTIVES

Les résultats indiquent que, selon le niveau de performance PISA (élevé ou bas) des élèves, leurs performances se distinguent différemment, qu'ils soient de niveau socio-économique et culturel favorisé ou plutôt défavorisé. Certains résultats permettent, par exemple, de démontrer que les élèves utilisent des stratégies différentes en fonction de leur niveau socio-économique et culturel.

Une présentation plus détaillée des résultats des autres comparaisons de groupes complétera les résultats présentés dans le cadre de cette proposition de communication.

Ces résultats pourraient permettre de mieux comprendre les difficultés rencontrées par les élèves de performance PISA élevée ou faible, selon leur niveau socio-économique et culturel d'appartenance et ce, au-delà de tâches scientifiques telles que celles proposées par PISA. Ainsi, cela pourrait contribuer à aider les enseignants à mieux cibler ces difficultés dans leur pratique.

BIBLIOGRAPHIE

- Ahmed, A. & Pollitt, A. (1999). *Curriculum Demands and Question Difficulty*. Paper presented at IAEA Conference, Slovenia, May.
- Crisp, V. & Grayson, R. (2013). Modelling question difficulty in an A level physics examination. *Research Papers in Education*, *28*(3), 346-372.
- Fisher-Hoch, H., Hughes, S. & Bramley, T. (1997). *What makes GCSE examination questions difficult? Outcomes of manipulating difficulty of GCSE questions*. ResearchGate. Presented to British Educational Research Association Annual Conference, York.
- Le Hebel, F., Montpied, P., Tiberghien, A. & Fontanieu, V. (2017). Sources of difficulty in assessment: example of PISA science items. *International Journal of Science Education*, *39*(4), 468-487.
- Le Hebel, F., Tiberghien, A., Montpied, P. & Fontanieu, V. (2019). Teacher prediction of student difficulties while solving a science inquiry task : Example of PISA science items. *International Journal of Science Education*, *41*(11), 1517-1540.
- Maurice, J. J. (1996a). Une connaissance de l'élève dépendante des contraintes de l'action [Knowledge of student depending on the constraints of the action]. *Revue française de pédagogie*, *114*, 85-94.
- OCDE (2016), *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy, PISA*, Paris : Éditions OCDE.
- Prenzel, M., Häußler, P., Rost, J. & Senkbeil, M. (2002). Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorhersagen? *Unterrichtswissenschaft*, *30*(2), 120-135.
- Südkamp, A., Kaiser, J. & Möller, J. (2012). Accuracy of teachers' judgments of students' academic achievement: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, *104*(3), 743-762.
- Webb, N. (2007). Issues related to judging the alignment of curriculum standards and assessments. *Applied Measurement in Education*, *20*(1), 7-25.

CHOIX EXPLICATIFS CHEZ LES ENSEIGNANTS DE PHYSIQUE DÉBUTANTS QUAND « L'EFFICIENCE MATHÉMATIQUE » S'IMPOSE

Laurence Viennot¹

1 : Matière et Systèmes Complexes UMR7057
Université Paris Diderot - Paris 7

Résumé : Des investigations ont été récemment menées sur les analyses critiques d'enseignants de physique débutants (EDs) confrontés à des explications contestables. Ces études soulèvent la question des choix effectués pour leur enseignement par des enseignants, une fois qu'ils ont pris conscience d'une (ou des) faille(s) des explications analysées. Cette présentation se centrera sur les conflits possibles, chez les enseignants débutants, entre divers critères de choix déclarés pour leurs explications, notamment le caractère satisfaisant (des points de vue de la cohérence interne, de la complétude logique et de la conformité à des lois physiques admises) et la simplicité. Elle introduira la définition de « l'efficacité mathématique » comme critère d'appréciation d'une explication, sur la base d'une étude dont les résultats en montrent le caractère prioritaire chez certains EDs, même au prix de la cohérence et de la simplicité. L'article se termine par les implications des questions abordées pour la recherche et la formation de maîtres.

Mots-clés : analyse critique, explications en physique, choix explicatifs, efficacité mathématique

EXPLANATORY CHOICES FOR BEGINNING PHYSICS TEACHERS "MATHEMATICAL EFFICIENCY" AS A DETERMINING CRITERION

Abstract : Recent investigations have been carried out on critical analyses of beginning physics teachers confronted with questionable explanations. These studies raise the question of the choices made by teachers for their teaching once they have become aware of one (or more) flaw(s) in the explanations analysed. This presentation will focus on the possible conflicts, for beginning teachers, between various selection criteria declared for their explanations, including: appropriateness (from the points of view of internal coherence, logical completeness and compliance with accepted physical laws) and simplicity. It will introduce the definition of "mathematical efficiency" as a criterion for assessing an explanation, on the basis of a study whose results show that it is a priority for some EDs even at the cost of coherence and of simplicity. The article concludes with the implications of the issues addressed for research and teacher training

Keywords : Critical analysis, Physics explanations, Explanatory choices, Mathematical efficiency

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Inspirées par les proclamations unanimes sur l'importance de l'esprit critique en science, des investigations de recherche ont été récemment menées sur les analyses critiques d'enseignants débutants (ED) confrontés, lors d'entretiens individuels, à des explications contestables (Viennot & Décamp, 2018). Les études menées font apparaître les principaux obstacles à la lucidité critique de ces enseignants. Elles soulèvent aussi, sans la viser explicitement, la question des choix effectués dans leur enseignement par ces enseignants, une fois qu'ils ont pris conscience qu'une explication n'est pas satisfaisante du point de vue de l'un au moins des trois critères que sont la cohérence interne, la complétude logique et la conformité à des lois physiques admises (Viennot & Décamp, 2019). Il apparaît ainsi que l'analyse critique d'explications, s'agissant d'enseignants, débouche naturellement sur la question de leurs décisions relativement à leur enseignement.

À cet égard, il n'est pas très risqué d'avancer que la plus ou moins grande simplicité d'une explication intervient très probablement dans leur choix pour une audience donnée. Il est donc a priori intéressant de voir si et comment, les enseignants mettent en balance, notamment, « simplicité » et « caractère satisfaisant » (au sens que l'on vient de préciser). À la lumière d'études précédentes (Viennot, 2006), il apparaît qu'au moins un troisième critère s'invite dans le débat. Ce critère est relatif à l'« efficacité mathématique » d'une modélisation au sens où celle-ci, via des calculs exacts, parvient à un résultat correct. Lorsque cette qualité se joint à une modélisation invalide, on peut y voir un frein important à l'analyse critique, comme on a pu l'observer lors d'études antérieures (Viennot & Décamp, 2018). Cependant, étant donné que les cas d'efficacités mathématiques sur modélisation invalide antérieurement étudiés sont associés à des rituels d'enseignement, ainsi qu'à une simplification de l'explication valide, il est apparu souhaitable de tenter une nouvelle étude sur une explication n'impliquant pas ces caractères. Cette étude concerne une explication qui n'est ni habituelle ni simple, ce qui devrait déjà décourager des enseignants de la choisir. Cette explication est en outre non « satisfaisante ». Le fait que certains ED reconnaissent cet état de fait et déclarent, malgré tout, choisir cette explication mathématiquement efficace pour l'enseignement, suggère de s'intéresser à ce possible critère de choix.

RATIONALE, ÉTUDES ANTÉRIEURES ET QUESTION DE RECHERCHE

À en croire les cinq études sur le développement de l'analyse critique chez des ED synthétisées dans (Viennot & Décamp, 2018), les raisons de passivité critique dans cette population relèvent largement du domaine psychocognitif. De façon non surprenante, les habitudes enseignantes y occupent une place importante. C'est aussi le cas du biais de confirmation (Henderson *et al.* 2015), qui consiste à accepter un raisonnement au motif qu'il parvient à un résultat considéré comme correct. Un autre facteur émerge chez les ED qui ne maîtrisent pas du tout le domaine abordé : le sentiment d'incompétence, qui les conduit à ne pas émettre la moindre critique avant d'avoir avancé dans la maîtrise du sujet, même cela n'est nullement nécessaire pour émettre des réserves pertinentes (c'est la « critique différée »). Une très bonne maîtrise du sujet peut également constituer un obstacle à la critique : c'est « l'anesthésie experte », qui va probablement avec une correction inconsciente en temps réel d'une explication non satisfaisante par celui qui en prend connaissance. Ces études visaient à éclairer - seulement - la question de la validité d'une explication, du point de vue des EDs. Cependant, au fil des entretiens, des remarques spontanées des participants pointaient d'autres critères de choix - typiquement

la simplicité d'une explication - à leurs yeux très pertinents pour fonder leurs décisions pédagogiques.

Il n'est pas sans intérêt, lorsqu'on s'intéresse aux choix explicatifs des EDs, d'avoir des éléments pour comprendre leurs difficultés sur le seul terrain de la critique et d'en inférer les conséquences sur le plan de leurs choix pédagogiques. Ainsi, si ce sont les habitudes qui bloquent la critique d'une explication, on peut penser que les EDs concernés hésiteront d'autant moins à l'utiliser dans leur enseignement, malgré l'éventuelle incohérence de celle-ci. Mais, pour autant, une étude abordant explicitement les choix explicatifs des EDs semble opportune. En conséquence, une des questions de recherche retenue pour l'étude décrite ici s'inscrit dans l'interrogation suivante :

Quels critères les enseignants de physique débutants privilégient-ils dans leurs choix d'explications en physique ?

Plus spécifiquement, la question qui est directement éclairée par cette étude est celle-ci : Dans quelle mesure le critère d'efficacité mathématique peut-il influencer les choix explicatifs des BTs ? Peut-il s'imposer lorsque les choix qui en découlent ne permettent pas de satisfaire d'autres critères que l'on pourrait croire déterminants, comme la simplicité ou la cohérence ?

UNE ÉTUDE SOULIGNANT LA PRÉGNANCE DE « L'EFFICACITÉ MATHÉMATIQUE »

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Une étude récente (Viennot, 2019) s'intéresse à la fois aux difficultés des EDs en matière d'analyse critique et à leur choix pédagogique éventuel face à deux explications du même phénomène, l'une conforme à la physique acceptée et l'autre non. Le choix a été fait d'éviter que l'explication contestée ne soit une explication habituelle, afin de séparer les paramètres de l'interprétation. 8 EDs en fin de formation (master MEEF2) ont participé à des entretiens individuels approfondis (45min) à propos d'un corrigé d'exercice reproduit en Encadré 1. Par delà les détails du calcul, le point tout à fait paradoxal et contestable de ce corrigé est que, très classiquement, ce type d'exercice doit souligner la différence entre une transformation quasi-statique (suite d'états d'équilibre, selon la formulation habituelle) et une transformation non quasi-statique, pour laquelle les états intermédiaires de la transformation ne peuvent être décrits par des grandeurs intensives (pression et température). En revanche, dans le cas non quasi-statique et sous pression extérieure déclarée constante, le résultat $W_{\text{irrev}} = p_B (V_A - V_B)$ (expression du travail reçu par le gaz en détente non quasi-statique entre un volume V_A et un volume V_B sous pression extérieure p_B constante) peut se calculer très simplement. C'est bien celui auquel parvient le calcul de l'Encadré 1, via un calcul exact. Mais celui-ci repose sur une modélisation à l'opposé de la cible conceptuelle de l'exercice : les grandeurs p et T y figurent comme si elles étaient définies en cours de transformation, sans parler de la relation des gaz parfaits, non valide hors équilibre. Mathématiquement « efficace », cette solution est invalide sur le plan de la modélisation (sur le mécanisme de ce fait surprenant, voir Viennot, 2019). En tant que raison de passivité critique, cette situation a été labellisée (en anglais) « Misleading Mathematical Legitimacy » (MML).

Encadré 1. Un texte hautement contestable issu d'un fascicule de corrigés d'exercices pour étudiants de première année de licence.

Une mole de gaz parfait est située dans un cylindre fermé par un piston mobile. Elle subit une détente de la pression p_A à la pression p_B ($p_A > p_B$) à température T constante. Calculer le travail effectué sur ce gaz dans les deux cas suivants:

a- Détente irréversible, sous pression extérieure constante ($p_{ext} = p_B$)

b- Détente réversible

(a) Cas irréversible

Travail à $T = \text{constante}$ pour la détente irréversible d'une mole de gaz parfait: W_{irrev}

$$dW = -pdV < 0$$

$$dW_{irrev} = -p_{ext} dV = -p_B dV \text{ (puisque } p_{ext} = p_B \text{)}.$$

Pour notre système: $pV = NRT$ et $N = 1$ mol. Donc $V = RT/p$ et $dV = -RT dp/p^2$

$$dW_{irrev} = -p_B dV = RT p_B dp/p^2$$

$$W_{irrev} = \int_A^B RT p_B dp/p^2 = RT p_B \left[\frac{1}{p_A} - \frac{1}{p_B} \right] = p_B (V_A - V_B)$$

(b) Cas réversible (...)

*L'enquêtrice explique que cette transformation "irréversible" est aussi non-quasistatique.

LES ENTRETIENS ET LEUR CODAGE

La définition de deux arguments critiques (C1 : les grandeurs intensives p et T ne sont pas définies en cours de transformation non quasistatique, C2 : la relation des gaz parfaits $pV = NRT$ est non valide dans ce cas) et, pour chaque argument, de trois niveaux de position critique (acceptation ferme du texte, critique ferme du texte, position mitigée) structurent le codage des transcripts d'entretien pour les aspects critiques. Relativement au choix d'une explication pour l'enseignement en première année de licence, les mêmes trois niveaux d'adhésion sont définis pour l'argument (C3) : On peut choisir d'utiliser dans l'enseignement l'explication maintenant reconnue comme incohérente, sans critique.

DEUX RÉSULTATS MARQUANTS

Après 20 min de réflexion sur ce texte, seulement la moitié des participants avaient exprimé une critique ferme sur l'usage de grandeurs intensives non définie (C1). En effet, 3 EDs seulement exprimaient fermement la nécessité de renoncer à l'usage de la relation des gaz parfaits en cours de transformation, les autres étant parfois très sûrs de leur bon droit : « $pV = NRT$. C'est la loi des gaz parfaits, alors c'est sûr ». Et en fin de débat, après prise de conscience (déclarée) de ces incohérences, seulement la moitié des participants déclaraient fermement exclure de leur enseignement cette démonstration, pourtant compliquée, inhabituelle et incohérente. Un commentaire symptomatique illustre la prégnance éventuelle de l'efficacité mathématique : « Ah oui ... ça serait un bon exercice pourtant, c'est pour ça, moi je dirais, ben moi, c'est pas mal quand même pour mettre en application la théorie classique, je trouve, j'aime bien comme exercice ».

À l'issue de cette étude, il y a donc une forte présomption que ce qui vient d'être défini comme « efficacité mathématique » (calcul exact, résultat correct) soit perçu comme une valeur en soi dans les critères de choix explicatifs des EDs, et cela même au prix de la cohérence, de la simplicité et malgré l'habitude.

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

En termes d'effectifs, il s'agit d'une étude tout à fait exploratoire. Pour ce qui est de l'analyse critique défectueuse des enseignants, la valeur indicative de ses conclusions réside dans la convergence des résultats avec ceux d'études antérieures sur des thèmes différents de physique, typiquement la montgolfière supposée en situation isobare (Viennot, 2006). Pour ce qui est du caractère déterminant du critère d'efficacité mathématique dans les choix pédagogiques, son intérêt est d'illustrer, à titre symptomatique, un cas extrême, où l'adoption de ce critère se fait aux dépens, notamment, de celui de simplicité. Si l'on défend l'idée qu'il faudrait aider les enseignants à faire leurs choix d'explications sur la base d'évaluations multicritériées préalables (Viennot, 2019), alors l'efficacité mathématique justifie des recherches ultérieures et une place explicite dans les formations d'enseignants. Il s'agit d'apprécier les conditions qui font parfois de l'efficacité mathématique - considérée seule - le mobile de décisions pédagogiques hautement contestables. Il s'agit aussi de comprendre comment mettre en lumière, en formation des maîtres, l'idée que les objectifs mêmes de la formation en physique sont en cause dans ce débat.

BIBLIOGRAPHIE

- Henderson, J. B., MacPherson, A., Osborne, J., & Wild, A. (2015). Beyond construction: Five arguments for the role and value of critique in learning science. *International Journal of Science Education*, *37*(10), 1668-1697.
- Viennot, L. (2006). Teaching rituals, and students' intellectual satisfaction, *Physics Education* *41*, 400
- Viennot, L. & Décamp, N. (2018). Activation of a critical attitude in prospective teachers: from research investigations to guidelines for teacher education. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* *14*, 010133 <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.14.010133>
- Viennot, L. (2019). Misleading mathematical legitimacy and critical passivity: discussing the irreversible expansion of an ideal gas with beginning teacher, *European Journal of Physics* DOI: <https://dx.doi.org/10.1088/1361-6404/ab1d8b>
- Viennot, L. & Décamp, N. (2019). *L'apprentissage de la critique. Développer l'analyse critique en physique*. Les Ulis: EDP Sciences-UGA.
- Viennot, L. (2020). Developing critical analysis in physics teachers: Which directions to take ? accepté à *Physics Education*

CIRCULATION DES SAVOIRS ET REPROBLÉMATISATION CURRICULAIRE DU GENRE *HOMO* EN ÉVOLUTION HUMAINE ÉT SI LE CHIMPANZÉ APPARTENAIT AU GENRE *HOMO* !

Corinne Fortin^{1,2}

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR)
UPEC

2 : INSPÉ-UPEC/LDAR (INSPÉ-UPEC/LDAR)
INSPÉ-UPEC

Résumé : Ces dernières années, la définition du genre *Homo* a été revisitée à la lumière des travaux en paléo- anthropologie, primatologie, paléogénétique etc. au point que pour certains chercheurs, le Chimpanzé pourrait être, lui aussi, inclus dans ce genre. Sachant que le genre *Homo* occupe, aujourd’hui, une place clé dans l’étude de l’évolution humaine, nous nous intéressons ici à la circulation des savoirs et au reproblématisations curriculaires du genre *Homo* dans les programmes scolaires des sciences de la vie et de la Terre, ainsi que dans la formation universitaire dédiée aux concours de recrutement des professeurs de SVT. Il apparaît que les programmes des concours de recrutement et ceux du secondaire n’interrogent pas l’étanchéité ou de la porosité du genre *Homo*, privilégiant ainsi une approche anthropocentrée .

Mots-clés : circulation, reproblématisation, genre, classification, phylogénétique.

CIRCULATION OF KNOWLEDGE AND CURRICULUM REPROBLEMATIZATION OF THE *HOMO* GENDER IN HUMAN EVOLUTION AND IF THE CHIMPANZEE BELONGED TO *HOMO* GENUS

Abstract : In recent years, the definition of the genus *Homo* has been revised in the light of work in paleo- anthropology, primatology, paleogenetics, etc., to the point that for some researchers, Chimpanzees could also be included in the genus *Homo*. Knowing that the *Homo* gender now occupies a key place in the study of human evolution, we are interested here in the circulation of knowledge about the *Homo* gender and its curricular reproblématisation in the school curricula of life and earth sciences as well as in the university training dedicated to the SVT teachers' recruitment competitions. It appears that the programmes of the recruitment competitions and those of the secondary school do not question the waterproofness or porosity of the *Homo* gender, thus favouring an anthropocentric approach.

Keywords : Circulation, Reproblematization, Genus, Classification, Phylogenetic.

INTRODUCTION

Depuis la *Systema Naturae* de Linné, la nomenclature binomiale associe, à chaque organisme, un nom de Genre suivi du nom d'Espèce. Ainsi, en est-il de l'espèce humaine avec sa double appartenance à la fois au genre *Homo* et à l'espèce sapiens. Notre espèce partage avec d'autres espèces fossiles des attributs anatomiques qui ont conduit à les inclure dans le genre *Homo*. Mais, ces dernières décennies, la définition du genre *Homo* et de ses limites ont été revisitées, en particulier concernant son statut dans la classification.

La présente communication explore, dans le cadre de la didactique du curriculum, la circulation des savoirs concernant le genre *Homo* entre les champs de la recherche scientifique, de la formation des professeurs de sciences de la vie et de la Terre (SVT) et de l'enseignement secondaire. Au travers de cette communication, nous souhaitons aussi engager une réflexion didactique sur les enjeux de la formation initiale des enseignants de SVT en matière d'évolution humaine.

CADRE CONCEPTUEL

Objet socialement construit, le curriculum prescrit est un médium assurant le lien entre le savoir savant et le savoir scolarisé. Il est aussi une production socio-culturelle issue d'un processus de sélection et d'organisation des contenus à enseigner (Forquin, 2008). Aussi, les prescriptions curriculaires ne sont pas une réduction homothétique ou un transfert « top-down » du savoir savant vers l'École. Elles relèvent à la fois d'une transposition didactique du savoir savant (Chevallard, 1991), d'une circulation des savoirs entre le monde scientifique et le monde scolaire et d'une reproblématisation curriculaire. Par « reproblématisation », il faut entendre que la problématisation curriculaire n'est pas de même nature que la problématisation scientifique de production des savoirs savants car la scolarisation de ces derniers est à repenser en fonction des visées éducatives et des pratiques de références mobilisées (Martinand, 2001 ; 2002 ; Lebeaume, 2003). Nous nous intéressons ici, à la circulation des savoirs sur le genre *Homo* entre le monde académique et le monde scolaire et à sa reproblématisation curriculaire dans les programmes des concours de recrutement des professeurs et dans les programmes scolaires en SVT.

PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Dans un contexte de renouvellement des savoirs savants sur les limites du genre *Homo*, les prescriptions curriculaires constituent un canal privilégié de la circulation de ces savoirs. Notre recherche s'inscrit dans le prolongement des travaux consacrés à l'évolution humaine dans l'histoire les programmes en SVT (Quessada, 2008), mais en questionnant la circulation des savoirs via la reproblématisation curriculaire de la démarcation du genre *Homo* au regard d'une part de sa problématisation scientifique actuelle et d'autre part, de sa problématisation curriculaire dans les programmes. Nous interrogeons la circulation des savoirs relatifs au genre *Homo* entre le monde de la recherche, le monde scolaire et celui de la formation. Nous interrogeons aussi la signification des écarts, en termes de reproblématisation curriculaire, qui peuvent exister entre la caractérisation scientifique du genre *Homo* et sa caractérisation dans les programmes des concours de recrutement et les programmes scolaires (Fig 1).

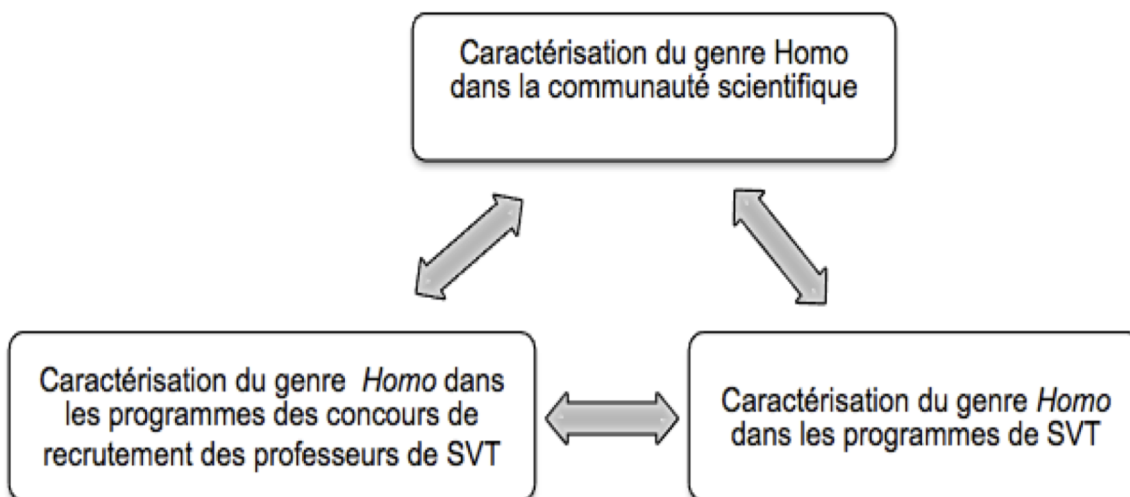


Fig 1. : Caractérisation du genre *Homo* dans les champs scientifiques et curriculaires (les doubles flèches matérialisent les écarts ainsi que la circulation des savoirs entre les différents champs).

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

La reproblématisation curriculaire du genre *Homo* est, ici, explorée à partir d’une analyse comparative entre caractérisation scientifique et caractérisation curriculaire. Les programmes des concours de recrutement ont été choisis, car ils sont à l’interface entre les mondes académique et scolaire et au cœur des contenus de formation pour la préparation aux concours ainsi que les programmes scolaires de SVT du collège et du lycée, car ils visent le partage d’une culture scientifique commune parmi les élèves du secondaire.

CORPUS

Le corpus relatif à la caractérisation scientifique du genre *Homo* est établi à partir d’une revue de littérature s’appuyant sur les recherches récentes en évolution humaine (Fortin, à paraître). Celui relatif à la caractérisation du genre *Homo* dans les programmes des concours de recrutement s’appuie sur des prescriptions curriculaires de l’agrégation SV-STU (session 2019) et sur le référentiel de science de la vie du CAPES (2018) auxquels s’ajoute le programme des classes préparatoires scientifiques (BCPST, BO n°5, 2013). Enfin, le corpus relatif à la caractérisation du genre *Homo* dans les programmes de SVT prend en compte les prescriptions curriculaires des programmes du collège (BO n°30, 2018) et du lycée en classe de Term S (BO n°8, 2011), mais aussi des nouveaux programmes de la classe de Terminale Générale (BO n°8, 2019).

ANALYSE DU CORPUS

Les trois corpus ont fait l’objet d’une analyse de contenu guidée par l’identification de concepts scientifiques, de principes, de méthodes et de pratiques de référence mobilisés dans la littérature scientifique, dans les programmes des concours de recrutement et dans les programmes scolaires, pour caractériser le genre *Homo*.

RÉSULTATS

Les résultats ci-dessous présentent la caractérisation du genre *Homo* dans le champ de la recherche scientifique, des programmes des concours de recrutement et des programmes du secondaire en SVT.

CARACTÉRISATION SCIENTIFIQUE DU GENRE *HOMO*

Avant même de caractériser le genre *Homo*, se pose la question de caractérisation de l'unité taxonomique supra-spécifique du Genre (Tabl. 1). Celle-ci n'est pas une catégorie naturelle, mais relève d'orientations épistémologiques propres à chaque classification avec ses fondements théoriques et son arbre comme modèle explicatif.

Concepts	Genre	Classification	<i>Homo</i>
<i>Homologie</i> Niche écologique/ zone adaptative Paraphylie Monophylie	Il regroupe des taxons ayant des niches écologiques différentes, mais partageant une ascendance commune. Sont alors inclus dans le genre des groupes para et monophylétiques (Mayr, 1963)	Evolutionniste	Il regroupe des espèces présentant une capacité crânienne supérieure aux australopithèques ayant développé une activité culturelle
		Arbre : phylogramme nombre d'autapomorphies	
Apomorphie/ Synapomorphie Monophylie	Il regroupe des taxons appartenant exclusivement à des groupes monophylétiques. Clade et genre se superposent. (Henning, 1950; Goodman <i>et al.</i> , 1998; Groves, 2004)	Phylogénétique	Il est élargi au Chimpanzé et à tous les descendants fossiles appartenant au clade Chimpanzé-Humain
		Arbre : cladogramme Principes de parcimonie et de maximum de vraisemblance Horloge moléculaire	
Apomorphie/ Synapomorphie Monophylie Niche écologie/ zone adaptative	Il regroupe des taxons appartenant à des groupes monophylétiques partageant une même niche écologique (Wood & Collard, 1999)	« mixte »	Exclusion du genre <i>Homo</i> d' <i>H. habilis</i> et <i>H. rudolfensis</i> déplacés dans le genre <i>Austropithecus</i>
		Arbre : phylocladogramme /principe de parcimonie	
Similitude globale Distance de la similitude globale	Regroupement des taxons en fonction de la distance (Sneath & Sokal, 1973; Watson <i>et al.</i> 2001)	Phénétiq	Il est élargi au Chimpanzé et au Gorille (espèces congénériques de l'Humain)
		Arbre : phénogramme distance (UPGMA, NJ)	

Tableau 1. : Éléments de caractérisation du genre *Homo* en fonction des classifications scientifiques.

Le genre *Homo* est ainsi subordonné à la caractérisation Genre, ce qui conduit, en fonction des classifications scientifiques, à le circonscrire à l'espèce humaine et des espèces fossiles ou à l'élargir aux grands primates actuels

CARACTÉRISATION DU GENRE *HOMO* DANS LES PROGRAMMES DES CONCOURS DE RECRUTEMENT

Un seul item « Origine et évolution des hominidés » est cité, dans le programme du concours de l'Agrégation SV-STU, dans la sous-partie « Fossiles, témoins de l'évolution ». Or, la famille des hominidés ne fait pas consensus dans la communauté scientifique et varie selon les classifications. Elle peut inclure Chimpanzé, Gorille et Humain (Goodman *et al.*, 1963), ou bien Gibbon, Orang-outan, Gorille, Chimpanzé et Humain (Goodman, 1989) ou bien encore l'Orang-Outan, Gorille, Chimpanzé et Humain (Shoshani *et al.*, 1996) et tous les fossiles qui y sont associés.

Dans le référentiel du Capes (2018), l'item « La place de l'homme dans la classification » est décliné en trois sous-items « Caractériser les relations de parenté de l'Homme au sein des primates ; Caractériser la lignée humaine ; Argumenter la construction de l'arbre phylogénétique du genre *Homo* ». Sur ce dernier point, les programmes du second degré invitent à la prudence en discutant des différents scénarios évolutifs possibles.

Les programmes des concours de recrutement mobilisent une pratique de référence issue de la recherche : la construction d'arbres phylogénétiques, en s'appuyant sur les méthodes actuelles de la classification (cladistique, biologique, phénétique), mais sans faire de lien explicite entre les différentes classifications et les caractérisations du genre *Homo* qui s'y rattachent (Tabl 2). Certes, il est toujours possible de faire ce lien, mais cela ne relevant pas d'une prescription curriculaire, ce n'est donc pas un incontournable de la formation initiale des enseignants.

Concepts	Genre	Systématique	Agrégation <i>Homo</i>	Capes <i>Homo</i>
<i>Homologie</i>		Classification évolutionniste	Hominidés	Lignée humaine Arbre phylogénétique du genre <i>Homo</i>
Apomorphie Principes de parcimonie et de maximum de vraisemblance		Classification phylogénétique		
Ressemblance globale		Classification phénétique		

Tableau 2. Éléments de caractérisation du genre *Homo* dans les programmes des concours de recrutement

CARACTÉRISATION DU GENRE *HOMO* DANS LES PROGRAMMES SCOLAIRES DU COLLÈGE ET DU LYCÉE

Au collège, le genre *Homo* est associé à l'espèce *H. sapiens*, en lien avec la parenté et l'évolution des grands groupes, en s'appuyant sur le partage des caractères. Au lycée, le programme de Term S insiste sur sa diagnose pour situer des espèces de primates actuelles ou fossiles dans un arbre phylogénétique. Le nouveau programme de Term. Générale met l'accent sur le développement de la capacité crânienne comme élément important de la diagnose et sur le lien de parenté entre *H. sapiens* et les Néandertaliens ou les Denisoviens. La référence à la classification

passer par le partage de caractères ou d'innovations évolutives (Tabl. 3).

Concept	Genre	Systématique	<i>Homo</i>
Caractères partagés		Classification	Collège : H. sapiens
		Parenté et évolution	
		Arbre phylogénétique	Term S : diagnose face réduite/ dimorphisme sexuel peu marqué sur le squelette/ style de bipédie avec trou occipital avancé/ aptitude à la course à pied/ mandibule parabolique/ Production d'outils complexes et variété/ pratiques culturelles sont associées au genre <i>Homo</i> , mais de façon non exclusive.
Liens de parenté		Arguments scientifiques pour préciser la parenté d' H.sapiens avec les autres <i>Homo</i> , notamment avec les Néandertaliens ou les Denisoviens.	Term Générale (BO) : diagnose, le développement de la capacité crânienne
Innovations évolutives communes			

Tableau 3. Éléments de caractérisation du genre *Homo* dans les programmes scolaires

DISCUSSION ET CONCLUSION

La circulation des savoirs du genre *Homo* entre les champs de la recherche, de la formation enseignante et de l'éducation scolaire, est assurée par une pratique de référence commune: la construction ou l'exploitation d'arbres phylogénétiques. Cette circulation s'accompagne d'une reproblématisation par des écarts ou mises en tension entre les différents champs.

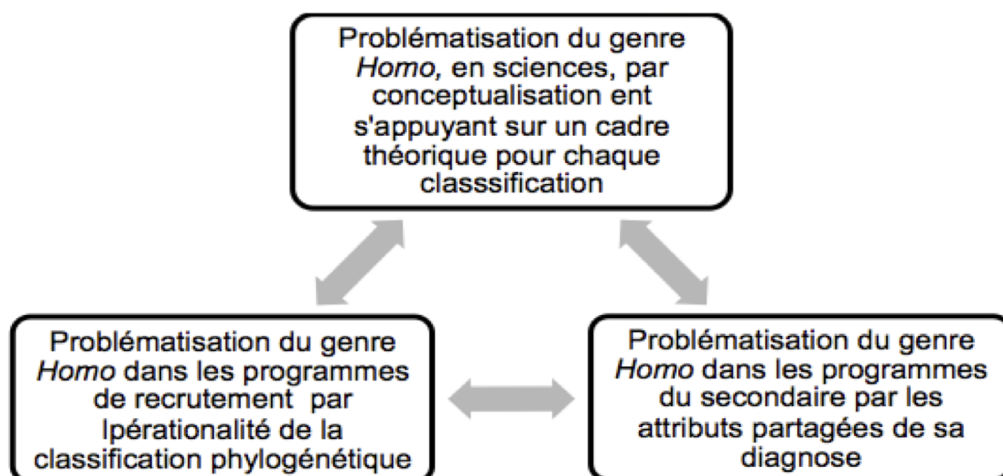


Fig 2.: Problématisation du genre *Homo* en dans les champs scientifique et curriculaires

- L'écart entre la caractérisation scientifique du genre *Homo* et sa caractérisation dans les programmes des concours, se traduit par une mise en tension entre une conceptualisation pluraliste du genre *Homo*, en lien avec différents fondements épistémologiques des différentes classifications et une forme d'essentialisation du genre *Homo* comme catégorie, en soi, qui trouve sa place dans la pratique opératoire de construction d'un arbre phylogénétique. Les termes de monophilie et de paraphilie ne figurant pas dans ces programmes, difficile dans ces conditions de discuter d'une possible ouverture du genre *Homo* au Chimpanzé.
- L'écart entre la caractérisation scientifique du genre *Homo* et sa caractérisation dans les programmes scolaires en SVT, se traduit par une mise en tension entre une conceptualisation pluraliste et une approche typologique du genre *Homo*, caractérisée par sa diagnose, en vue de le positionner dans un arbre phylogénétique par le partage des caractères et/ou des innovations évolutives. L'inférence de la diagnose sur la phylogénie risque alors de renforcer une vision typologique du genre *Homo*. La mise en avant de diagnose conduit à une circularité du concept plutôt qu'à sa circulation, puisque si tous les attributs de la diagnose définissent *Homo*, alors ces attributs sont nécessairement compris comme étant le propre de l'Humain.
- L'écart entre la caractérisation du genre *Homo* dans les programmes des concours et les programmes scolaires de SVT, se traduit par une mise en tension entre essentialisation et approche typologique du genre *Homo* avec pour conséquence une absence du registre empirique et théorique pour modéliser une classification.

Pour conclure, la circulation des savoirs concernant le genre *Homo* se traduit par la pratique de référence de l'arbre phylogénétique. Mais l'absence de caractérisation du Genre et la faible prise en charge curriculaire des fondements épistémologiques de la classification ont pour conséquence de faire oublier que le genre *Homo* est une construction socio-épistémologico-historique. Dans le cadre de la formation enseignante, on peut s'interroger sur la déconnexion entre le champ théorique de la classification phylogénétique qui sert de référent dans les curriculums et la valorisation de son opérationnalité. N'y a-t-il pas le risque d'entrouvrir la porte à un projet de formation et d'éducation anthropocentré, évitant d'emblée la question de l'inclusion du Chimpanzé dans le genre *Homo* ou d'une possible remise en cause de la frontière nature/culture entre les primates-humains et les primates non humains, comme le proposent certains ethno-primatologues.

BIBLIOGRAPHIE

- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée sauvage (1ère éd. 1985)
- Fortin, C. (2008). L'évolution humaine. In G. Lecointre (Ed). *Guide Critique de l'évolution*. Paris : Belin
- Forquin, J-C. (2008). *Sociologie du curriculum*. Rennes : P.U.R
- Lebeaume J. (2003). Construction de la technologie pour l'école moyenne en France: un aperçu historique. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 3 (1), p. 83-99.
- Martinand J.-L. (2002). *Production, circulation et reproblématisation des savoirs*. Colloque international Les pratiques dans l'enseignement supérieur, université

Toulouse Le- Mirail, 2-4 octobre 2000

Martinand J.-L. (2003). L'éducation technologique à l'école moyenne en France : problèmes de didactique curriculaire. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 3 (1), 100-116.

Quessada, M. P. (2008). L'enseignement des origines d'*Homo sapiens*, hier et aujourd'hui, en France et ailleurs : programmes, manuels scolaires, conceptions des enseignants (Dissertation doctorale, Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc).

CLASSER DES EXERCICES DE MATHÉMATIQUES POUR LA PHYSIQUE

UNE APPROCHE DIDACTIQUE ORIENTÉE

PAR LA CONCEPTION DE RESSOURCES

Aude Caussarieu¹

1 : LabE3D, Université de Bordeaux (Bordeaux, France)

Résumé : Les enseignants classent en général leurs exercices par chapitre, puis par difficulté ou complexité croissante sur un même thème, sans que les critères de classement ne soient vraiment explicités. Dans le cadre d'une recherche guidée par la conception de ressources – des questions à choix multiples de mathématiques pour les sciences – l'objectif de mutualisation des exercices a conduit au développement d'un modèle de classification des exercices. En utilisant la méthodologie de la théorie ancrée ainsi que des cadres théoriques didactiques et pédagogiques, l'équipe a développé un modèle de classification à quatre dimensions: type de tâche, discipline scolaire d'ancrage, type d'activité cognitive attendue, niveau de mobilisation du savoir attendu.

Mots-clés : Mathématiques pour la physique, interdisciplinarité, exercices, taxonomie.

CLASSIFICATION OF MATHEMATICAL EXERCISES FOR PHYSICS' STUDENTS

A DESIGN BASED RESEARCH APPROACH

Abstract : Teachers usually sort their teaching exercises in chapter and then by growing difficulty or by complexity without clearly setting out the criteria that have been used. When resources pooling is the aim, one needs to elucidate a categorization model which covers a broad range of pedagogical goals. We used the grounded based theory in conjunction with pedagogical and french didactical frameworks to develop a classification scheme based on four dimensions : type of task, anchoring school discipline, type of expected cognitive activity and depth of knowledge.

Keywords : Mathematics for physicists, interdisciplinarity, exercises, taxonomy

INTRODUCTION

Pour accompagner les étudiant.e.s dans la transition lycée-université, de plus en plus d'enseignant.e.s du supérieur utilisent des tests en ligne. Ces tests sont utilisés pour repérer les difficultés des étudiant.e.s (positionnement), les aider à se remettre à niveau (remédiation) ou leur permettre de s'entraîner, par exemple au calcul (Gueudet and Vandebrouck 2019). Soit les enseignant.e.s construisent leurs propres questions, soit elles les cherchent dans une base comme UNISCIEL ou WIMS qui en contient déjà plusieurs centaines. L'un e des difficultés fréquemment rencontrées par les utilisateurs.trices de ces plateformes est de trouver dans la base des questions ni trop difficiles, ni trop faciles, du par cœur ou au contraire des questions qui « font réfléchir ». Cette situation pose la question des critères pertinents pour indexer une ressource pédagogique qui a peu été étudiée en didactique : l'exercice à correction automatisée. C'est à cette question que la recherche présentée dans cette communication cherche à répondre.

CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE

Sur la période 2017-2019 j'ai accompagné une équipe d'enseignant.e.s de mathématiques et de physique-chimie, du secondaire et du supérieur, dans la construction d'une base d'exercices de mathématiques pour les sciences. Le fonctionnement de ce groupe a été financé en partie par UNISCIEL dont la plateforme mutualise un grand nombre d'exercices à correction automatisée. Les métadonnées pédagogiques des exercices actuellement présents dans la base d'UNISCIEL comportent une indication du niveau d'étude pour lequel est destiné l'exercice (L0, L1, L2, L3), une indication de la thématique (ex : Physique < Forces et mouvement, ou Physique < Mathématiques pour la physique) ainsi que 4 « niveaux de complexité » issu d'une réflexion avec la taxonomie de Bloom :

- 1 – Connaître
- 2 – Changement de langage
- 3 – Comprendre - appliquer
- 4 – Analyser

Ces « niveaux de complexité » ne sont pas satisfaisant ni d'un point de vue théorique (mélange entre la taxonomie de Bloom et la notion de complexité ou de difficulté) ni d'un point de vue pragmatique : plusieurs enseignant.e.s n'indexent pas de la même manière un même exercice. Le vocabulaire utilisé est trop vague et les représentations existantes des enseignants interfèrent avec l'arbre de décision proposé par UNISCIEL. L'objectif de la recherche était donc de répondre à la question : « comment indexer des exercices de mathématiques pour la physique d'une manière qui permette effectivement aux enseignants de trouver les exercices qui correspondent à leur besoin pédagogique ».

Pour répondre à cette question j'ai choisi de travailler en suivant la méthodologie des théories ancrées (Strauss & Corbin, 1998). Cette méthode permet de faire évoluer une théorie existante (ici deux dimensions de classification) en fonction des données obtenues lors de la recherche. Dans mon cas les données utilisées sont principalement les exercices produits par le groupe ainsi que leur classification par les enseignants. Je mobilise ainsi un dispositif de récolte de données de type « recherche orientée par la conception de ressources » tel que décrit par Sanchez & Monod-Ansaldi, (2015). La recherche est considérée comme aboutie lorsque les objets théoriques produits par la recherche sont opératoires au sein du groupe d'enseignants. Ces objets (dans notre cas la classification) facilite alors les échanges et permet de construire efficacement

de nouvelles ressources. En pratique, je suis partie de la classification existante à UNISCIEL et de taxonomies déjà publiées (Bloom & collaborateurs, 1969; Webb, 1997) pour comparer les exercices existant de manière systématique et proposer une nouvelle classification et surtout expliciter les critères de classification. Sur la durée du dispositif, 800 questions à choix multiples de mathématiques pour la physique ont été construites.

LE TYPE D'EXERCICE

Au sein du groupe de travail, nous avons la volonté de construire des exercices à correction automatique de positionnement et de remédiation centrés sur les mathématiques pour la physique. Ces exercices doivent permettre d'identifier les difficultés des élèves ou des étudiant.e.s et les aider à progresser. Nous avons commencé par étudier les exercices de physique afin de recenser les différents types de tâche de mathématiques pour la physique que les étudiant.e.s doivent savoir réaliser à l'entrée à l'université. À ces types de tâches sont associées des techniques ainsi que des connaissances qui les justifient. Cette démarche est illustrée sur un exemple à la figure 1. Nous avons ensuite construit des exercices autour de chacun de ces types de tâche qui puissent servir à différents objectifs pédagogiques (comme tester le niveau des élèves, les faire réfléchir sur un concept, ou leur permettre de s'entraîner). Cela nous a donc amené à construire différents types d'exercices que nous avons catégorisés.

DIFFÉRENTS TYPES D'EXERCICE POUR UN MÊME TYPE DE TÂCHE

La figure 1 présente un exemple d'exercice de physique de première année d'université¹. Pour le résoudre les étudiant.e.s doivent mobiliser des savoirs de physique ainsi que plusieurs savoirs de mathématiques pour la physique. Si l'on peut dire qu'un.e étudiant.e qui trouve la bonne réponse à cet exercice a de grandes chances de maîtriser les savoirs de mathématiques pour la physique, la réciproque n'est pas vraie. Après avoir isolé une liste de « type de tâches de mathématiques pour la physique » telle qu'illustré sur la figure 1, nous avons construit des exercices qui permettent de tester spécifiquement le savoir associé à chacun de ces types de tâches.

Résolution enseignant de physique

*** Schéma :**

*** Données**
 $A'B' = 3AB$
 $OA' = +5m$

*** Physique :** (1) $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ et $\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$

*** Calcul littéral**
(2) $\Rightarrow \frac{1}{OA} = \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{1}{OA'} = 3 \times \frac{1}{OA'}$

On injecte dans (1)

$$\frac{1}{OA'} + 3 \cdot \frac{1}{OA'} = \frac{1}{f'}$$

$$\Rightarrow \frac{4}{OA'} = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = \frac{OA'}{4}$$

*** AN** $f' = \frac{5m}{4} = 1,25m$

Énoncé

D'un objet réel AB placé en A, on veut obtenir une image A'B' 3 fois plus grande sur un écran placé en A' (à 5 m de O, centre de la lentille).
Quelle est la distance focale f' de la lentille à utiliser ?

Types de tâche de mathématiques pour la physique rencontrées dans la résolution

- Modéliser une situation géométrique en utilisant la notation algébrique
- Déterminer l'expression littérale d'une grand à partir de plusieurs relations entre grandeur
- **Déterminer l'expression littérale d'une grandeur à partir d'une relation avec des fractions**
- Réaliser une application numérique

Figure 1 : Illustration d'un exercice de physique, de sa résolution, et des types de tâches mathématiques qu'il mobilise pour sa résolution.

1 Exercice issu d'un polycopié de TD d'une unité d'enseignement de physique pour la biologie en première année d'université.

Dans les paragraphes qui viennent, je vais illustrer les types d'exercices que nous avons construits pour le type de tâche : T = « Déterminer l'expression littérale d'une grandeur à partir d'une relation avec des fractions ». Les exercices présentés sont tous issus de notre base d'exercices.

Nous avons gardé dans la base quelques exercices qui demandent à l'étudiant.e de réaliser ce type de tâche dans un raisonnement qui mobilise d'autres types de tâche de mathématiques pour la physique (sans physique). Ces exercices permettent de tester le niveau de maîtrise attendu dans les prérequis par les enseignant.e.s du supérieur.

661) En optique on fait l'image d'un objet réel AB placé en A. Cette image A'B' est trois fois plus grande que l'objet et elle se situe à une distance de 5 mètre de la lentille qui est placée en O ($OA'=5$ m).

On connaît les relations suivantes : $A'B'/AB=OA'/OA$ et $1/OA'+1/OA=1/f'$

Que vaut la distance focale f' ?

Cependant, un.e étudiant.e qui réussit cet exercice maîtrise très probablement le savoir-faire visé, mais un.e étudiant.e qui échoue peut échouer pour de nombreuses raisons et cet exercice n'est donc pas un bon outil diagnostique. On va donc construire d'autres exercices qui ne portent que sur le type de tâche T. Le groupe va alors échanger sur les variables didactiques qui rendent ce type de tâche plus ou moins difficile pour les étudiant.e.s. Je vais pour ma part partager avec le groupe des éléments de bibliographie. Dans le cas de la tâche T trois variables didactiques sont identifiées :

- la présence d'un contexte à partir duquel il faut extraire des informations ;
- la structure de l'équation : situation de proportionnalité ($a/b=c/d$), présence de somme de fractions, présence de quotient de fraction ;
- le nombre d'étapes de la résolution de l'exercice (notion de complexité).

Nous avons donc construit des exercices les plus simples possibles du point de vue des variables didactiques, comme dans l'exercice n° 297-2.

297-2) La masse peut se calculer à partir de la masse volumique ρ et du volume occupé V à partir de l'expression : $M=\rho \cdot V$

Quelle est l'expression de V ?

Ainsi que des exercices qui demandent un niveau de maîtrise plus élevé comme l'exercice n° 597-1.

597-1) Une onde sonore se propage à la vitesse V dans un métal et à la vitesse v dans l'air sur une même distance L . On mesure la différence des durées de parcours de cette onde dans un métal et dans l'air : $\Delta t=L \cdot (1/v-1/V)$

Quelle est l'expression de la vitesse V du son dans le métal ?

Pour chaque type de tâche, nous nous sommes aussi demandé quelles mauvaises compréhensions conceptuelles pourraient expliquer des erreurs sur des exercices de la famille de l'exercice 4. L'analyse de la bibliographie sur les difficultés des élèves en mathématiques, nous indique que l'une des erreurs fréquentes relative à l'addition de fractions consiste à sommer les termes au numérateur et les termes au dénominateur (Howard, 1991). Howard explique que cette erreur est en général liée au fait de voir une fraction comme deux nombres séparés d'un trait

plutôt que comme l'expression d'un seul nombre. Une autre erreur fréquente relevée par les enseignants est le fait de simplifier c/c par zéro au lieu de un. Nous avons donc construit une série d'exercices qui visent particulièrement ces difficultés comme par exemple l'exercice 13-2.

13-2) Quelles écritures sont égales à $(a+b)/b$?
a) $a/b+b/b$; b) a/b ; c) $a/b+1$; d) $(a+b)\times 1/b$

Nous nous sommes ensuite demandé quels sont les raisonnements qui montreraient qu'un.e étudiant.e maîtrise les techniques de résolution de ce type de tâche. Les échanges avec les enseignant.e.s ont permis d'identifier comme marqueur le fait que l'étudiant.e repère quand il faut réorganiser une équation avec des fractions avant de sommer les fractions. Nous avons par exemple proposé l'exercice n° 662.

662). Dans laquelle (lesquelles) des situations suivantes est-il plus astucieux de réorganiser les fractions avant de calculer les sommes de fractions ?
a) On cherche à exprimer $(OA)'$ à partir de la relation $1/(OA)' - 1/(OA) = 1/f'$
b) On cherche à exprimer f' à partir de la relation $1/(OA)' - 1/(OA) = 1/f'$
c) On cherche à exprimer v dans la relation $\Delta t = L \cdot (1/v - 1/V)$
d) On cherche à exprimer L dans la relation $\Delta t = L \cdot (1/v - 1/V)$

Enfin, on peut se demander quelles sont connaissances factuelles dont un.e étudiant.e doit disposer pour pouvoir résoudre un exercice qui mobilise le savoir-faire visé. Dans le cas de ce savoir-faire, les enseignants ont décidé qu'il n'y avait rien à savoir par cœur qui soit spécifique à ce savoir-faire. Dans le cas d'un type de tâche comme « Trouver l'expression d'une longueur en utilisant la trigonométrie », on aurait construit un exercice qui demande de redonner la définition du sinus ou du cosinus d'un angle dans un triangle rectangle ou bien certaines valeurs particulières.

Pour catégoriser cette série d'exercices, nous utilisons un modèle à deux dimensions :

- Le type d'activité cognitive attendue, au sens de Bloom (1956) : nous différencions les exercices qui demandent de restituer une connaissance de ceux qui demandent d'appliquer une procédure ou ceux plus typiques des didactiques qui demandent de donner du sens à un concept ou à une situation.
- Le niveau de mobilisation du savoir attendu au sens de la profondeur du savoir de Webb (1997) : pour un même type de tâche, certaines questions demandent une maîtrise du savoir en plus grande profondeur que d'autres.

TYPE D'ACTIVITÉ COGNITIVE VISÉE

Dans la lignée des travaux de (Bloom, 1956), nous distinguons les exercices selon l'activité cognitive attendue de l'élève : (1) de restituer une connaissance présente à l'identique dans son cours ; (2) de donner du sens à la connaissance ; (3) d'appliquer la connaissance en manipulant les objets mathématiques (calcul littéral, calcul numérique, tracé...).

Restituer une connaissance demande à l'élève de faire le lien entre la question posée et un élément présent dans sa mémoire et de rapatrier cet élément à l'identique. Une question de ce type n'est pas nécessairement une question facile. La difficulté de la question viendra de la typicité de la connaissance appelée.

Donner du sens à la connaissance demande à l'élève de comprendre le langage utilisé, de prendre du recul et d'analyser les relations entre des concepts, mais aussi à un niveau de maîtrise du savoir plus avancé d'être capable d'analyser une situation en mobilisant des éléments théoriques (concepts, modèles) pour construire une représentation et/ou une problématisation de la situation.

Appliquer une connaissance demande à l'élève de manipuler des objets mathématiques pour produire un résultat qui n'est pas une simple reformulation de l'énoncé.

Nous ne postulons pas de hiérarchie ni de progressivité entre ces tâches de natures différentes. En effet, un élève peut utiliser son cours pour faire ses premières applications directes, se poser alors des questions sur le sens du langage qu'il manipule, ce qui l'aidera à retenir la formule à connaître. Mais d'autres scénarios sont tout aussi possibles.

NIVEAU DE MAÎTRISE DU SAVOIR

La dimension « type de tâche » s'est révélée très utile pour distinguer les questions de cours et les exercices. Cependant ses limites sont rapidement apparues : certains exercices étaient plutôt adaptés aux débutant.e.s alors que d'autres demandaient une plus grande aisance. Nous avons donc choisi de nous situer dans la lignée des travaux de (Webb, 1997) et d'ajouter à notre modèle de classification une autre dimension : le niveau de maîtrise du savoir nécessaire pour répondre à la question posée. Nous distinguons ainsi des questions qui demandent juste à avoir un niveau de maîtrise de surface des connaissances (niveau A) de celles qui demandent un niveau intermédiaire de maîtrise (niveau B) de celles qui demandent une maîtrise en profondeur (niveau C). Et ce pour chaque type d'activité cognitive visée.

Cette catégorisation est illustrée sur le tableau 1.

CONCLUSION

Cette communication présente le résultat d'une recherche dont la méthode s'appuie sur la théorie ancrée dans un dispositif de productions de ressources pédagogiques. Les nombreux aller-retour entre la chercheuse et le groupe d'enseignant.e.s a permis de faire évoluer le modèle de classification des exercices, en raffinant et en explicitant la notion de « type d'activité cognitive demandée dans l'exercice » et en ajoutant une nouvelle dimension de niveau de maîtrise du savoir nécessaire pour résoudre l'exercice.

Limites. Cette classification n'a pas été construite pour prendre en charge les activités de découverte et de construction des concepts, comme les situations de type adidactique ou bien les situations problèmes ou déclenchante des scientifiques (physique chimie, SVT). Cette limite permet peut-être de tracer une délimitation entre des activités et les exercices. On peut se poser la question de leur articulation (quand, comment) avec les exercices tels qu'ils sont classés ici, lors du déroulement de l'enseignement.

Perspectives. Il serait intéressant de voir si cette classification des exercices se retrouve corrélée à la façon dont les enseignants expérimentés ou débutants utilisent ces exercices pour faire classe ou pour comparer l'activité en classe dans l'enseignement secondaire et à l'université.

	Restituer une connaissance	Donner du sens	Appliquer
Maîtrise en surface	Connaissance centrale dans le cours	Exercices visant des difficultés fréquentes <ul style="list-style-type: none"> • Changement de registre sémiotique • Explicitation des règles ou du vocabulaire • Test de la représentation d'un concept QUIZ 13-2	Appliquer une fois la technique visée dans une situation où les variables didactiques sont prises « au plus simple » QUIZ 297-2
Maîtrise intermédiaire	Connaissance périphérique dans le cours	Raisonnement comme un.e expert.e <ul style="list-style-type: none"> • Conditions d'utilisation d'une technique • Repérer les situations où une astuce peut s'appliquer QUIZ 662	<ul style="list-style-type: none"> • Exercices complexes : <ul style="list-style-type: none"> ○ Appliquer la technique dans un raisonnement en plusieurs étapes. ○ Extraire les informations pertinentes d'un énoncé • Appliquer la technique avec des variables didactiques non triviales QUIZ 597-1
Maîtrise en profondeur			Appliquer la technique au cours d'un raisonnement mobilisant une ou plusieurs autres techniques. QUIZ 661

Tableau 1. : Déclinaison en niveaux de maîtrise des types d'activité cognitive de Bloom.

BIBLIOGRAPHIE

- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. David McKay Co Inc.
- Bloom, B. S. & collaborateurs. (1969). *Taxonomie des objectifs pédagogiques, I. Domaine cognitif*. Education Nouvelle.
- Howard, A. C. (1991). Addition of Fractions-The Unrecognized Problem. *The Mathematics Teacher*, 84(9), 710-713.
- Sanchez, É. & Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception : Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Éducation et didactique*, 9(2), 73-94. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2288>
- Strauss, A. & Corbin, J. M. (1998). *Basics of Qualitative Research : Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*. SAGE Publications.
- Webb, N. L. (1997). *Criteria for Alignment of Expectations and assessments in Mathematics and Science Education*.

COMMENT LES ÉLÈVES-INGÉNIEURS SE REPRÉSENTENT-ILS LES FUTURS ?

Nicolas Herve¹, Juliette Huez²

1 : UMR EFTS (Education Formation Travail Savoirs) Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole

2 : Université de Toulouse, Institut Carnot CIRIMAT, UMR CNRS-UPS-INP 5085. Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques, Institut National Polytechnique

Résumé : Cette communication s'inscrit dans le LéA INPLIQUÉS, qui vise, à travers une recherche collaborative, à contribuer au renouvellement des pratiques pédagogiques des enseignants-chercheurs dans les écoles d'ingénieurs de Toulouse-INP. Pour concevoir des dispositifs de formation susceptibles de développer la pensée des futurs, des entretiens collectifs ont été menés avec deux groupes de six élèves-ingénieurs. Les représentations des futurs mobilisées sont paradoxales : orientation souvent passive des élèves-ingénieurs dans leurs études, futurs individuels stéréotypés prônant à la fois la mobilité et la stabilité, futurs sociétaux en tension entre techniques, durabilité et catastrophisme, conscience de dilemmes éthiques dans l'exercice de leur futur métier.

Mots-clés : éducation aux futurs, questions socialement vives, recherche collaborative, formation des ingénieurs, prospective.

HOW DO ENGINEERING STUDENTS SEE THE FUTURES?

Abstract : This communication is part of the Léa INPLIQUÉS, which aims, through collaborative research, to contribute to the renewal of teaching practices of teacher-researchers in the engineering schools of Toulouse. To design training devices that could develop futures thinking, collective interviews with two groups of six student engineers were conducted. The representations of the future developed are paradoxical: often passive orientation of the student-engineers in their studies, future stereotyped individuals advocating both mobility and permanence, future societal tensions between techniques, sustainability and catastrophism, awareness of ethical dilemma in the exercise of their future profession.

Keywords : futures education, socially acute questions, collaborative research, engineer training, prospective

QUELLES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES DANS LA FORMATION DES ÉLÈVES-INGÉNIEURS ?

Dans sa définition du métier d'ingénieur, la commission des titres d'ingénieurs (CTI), rappelle, qu'outre l'étude et la résolution de problèmes complexes concernant des produits, systèmes ou services, l'ingénieur « prend en compte les préoccupations de protection de l'homme, de la vie et de l'environnement, et plus généralement du bien-être collectif » (CTI, 2019, p. 12). Ainsi, l'ingénieur n'inscrit pas uniquement son action dans des contextes techniques, son activité et ses développements sont reconnus comme se déployant dans un environnement naturel et social, qui nécessite de sa part une réflexion critique, prospective et responsable.

Chaque école d'ingénieur a ainsi l'obligation d'augmenter la part d'enseignements de sciences humaines et sociales (SHS) dans le cursus de formation et « cherchera à définir sa vision du rôle de l'ingénieur dans la société de demain pour répondre aux besoins de la société, des organisations et des ingénieurs eux-mêmes » (CTI, 2019, p. 34).

Albero et Roby (2014) ont montré que les SHS dans les formations des écoles d'ingénieurs servent le plus souvent à la professionnalisation immédiate de l'ingénieur (techniques de gestion, de management ou d'économie, par exemple). Lemaître (2014), Chouteau, Escudie, Forest et Nguyen (2015) et Deldicque, Loeve et Steiner (2018) considèrent, en opposition à ce modèle, que les SHS ont une fonction critique et herméneutique nécessaire à l'ingénieur pour penser son action dans les contextes contemporains où le développement technique est socialement questionné (à travers la multiplication des controverses socioscientifiques par exemple) et dans lesquels les enjeux et attentes sont conséquents - à travers les problématiques émergentes de l'Anthropocène (Beau & Larrère, 2018).

EDUQUER LES ÉLÈVES-INGÉNIEURS AUX FUTURS ?

L'injonction faite aux écoles par la CTI de lier formation des élèves-ingénieurs et anticipation de leur rôle dans un monde à venir fait écho au développement dans le monde anglo-saxon de travaux de recherche sur la pensée des futurs (Futures Thinking) (Branchetti et al., 2018 ; Bunting & Jones, 2015 ; Jones et al., 2012).

Deux éléments motivent l'intérêt des études s'intéressant aux conditions d'intégration d'une éducation aux futurs à l'enseignement des sciences.

Le premier relève d'études en psychologie qui montrent que les individus préférentiellement orientés vers le futur ont une conscience aigüe des conséquences de leurs actions ; qu'ils ont tendance à instrumentaliser leurs comportements pour atteindre les buts qu'ils se fixent à moyen-long terme ; ainsi qu'à s'investir plus fortement dans leurs études scolaires et à éviter les pratiques à risque dans le domaine de la santé (Demarque, Apostolidis, Chagnard & Dany, 2010).

Le second élément tient à la place centrale occupée par les sciences et techniques dans le développement économique, social et culturel de nos sociétés mondialisées (Pestre, 2015), et au sein duquel l'ingénieur constitue une des figures principales (Maury, 2011). En effet, toute pensée du futur se situe en référence à ce trait fondamental de nos sociétés, les sciences et techniques étant considérées comme faisant partie aussi bien des problèmes que des solutions face aux défis mondiaux actuels (Rubin, 2013). D'autre part, de nombreuses questions socia-

lement vives mettent en exergue les incertitudes et les risques liés aux savoirs et techniques scientifiques, la diversité des discours portés par les acteurs sociaux, mais aussi les visions des futurs que ces acteurs développent et sur lesquels ils appuient leur argumentation (Chateauraynaud, 2013).

Intégrer enseignement des sciences, questions socialement vives et futurs pour former les ingénieurs est ce que nous cherchons à appréhender au sein du LéA INPLIQUÉS.

UN LIEU D'EXPÉRIMENTATION : LE LéA INPLIQUÉS

Toulouse-INP¹ qui regroupe six écoles d'ingénieurs est engagé depuis septembre 2018 dans le dispositif LéA² (Lieu d'éducation associé) INPLIQUÉS (INP Lieu en QUestionnement sur l'Enseignement Supérieur), porté par l'Institut français de l'éducation. Ce dispositif est conduit dans la poursuite d'un travail engagé depuis plus de 7 ans pour renouveler les pratiques pédagogiques dans les cursus d'ingénieurs.

Cette communication porte sur l'axe du LéA qui vise à construire des dispositifs de formation articulant SHS et sciences et techniques, permettant aux élèves-ingénieurs de développer leur pensée des futurs.

Avant de concevoir et mettre en œuvre des modules de formation au sein d'une recherche collaborative avec des enseignants-chercheurs de Toulouse INP, nous avons souhaité documenter les représentations sociales des futurs des élèves-ingénieurs.

En effet, l'étude des représentations sociales des futurs est une première manière d'appréhender la pensée des futurs des individus et des collectifs. Cette dimension fait l'objet de travaux à l'international dans le domaine de l'éducation (voir par exemple, Gidley & Inayatullah, 2002 ; Hicks, 2008 ; Julien et al., 2018 ; Nordensvärd, 2014), le plus souvent à partir de questionnaires et d'entretiens individuels et collectifs. Ces travaux montrent que les élèves et étudiants développent des représentations plutôt optimistes pour leur avenir personnel, mais pessimistes sur des dimensions globales et des horizons temporels lointains. Rubin (2013) insiste sur l'intérêt de comprendre la nature et les mécanismes de ces représentations pour penser des dispositifs d'enseignement pouvant les faire évoluer.

Il est à noter que les recherches menées dans ce domaine, appelé Futures Education, sont généralistes et explorent peu les représentations sociales spécifiques aux futurs liés à une problématique donnée. Une perspective didactique permettrait ainsi de compléter le regard des Futures Education en s'intéressant à des QSV susceptibles d'être traitées dans l'enseignement (énergie, numérisation de la société, nanotechnologies, etc.). Carter et Smith (2003) et Lloyd et Wallace (2004) soutiennent ainsi qu'un enseignement des sciences intégrant une perspective d'avenir, fournit aux étudiants les moyens d'examiner et de problématiser leurs points de vue et préoccupations concernant des questions socio-scientifiques, notamment à propos de problématiques environnementales. L'éducation aux futurs, intégrée dans l'enseignement des sciences, offre ainsi aux étudiants la possibilité d'évaluer les impacts négatifs des sciences et des techniques sur la société, de construire des dilemmes éthiques et d'explorer des pistes possibles de solutions (Branchetti et al., 2018 ; Buntting & Jones, 2015 ; Jones et al., 2012).

1 Toulouse- Institut National Polytechnique www.inp-toulouse.fr/

2 <http://ife.ens-lyon.fr/lea>

MÉTHODOLOGIE

Nous organisons depuis septembre 2019 des entretiens collectifs thématiques (deux par semestre) avec deux groupes de six élèves-ingénieurs de l'INP-ENSIACET³. Ces élèves-ingénieurs seront suivis pendant les trois années de leur cursus de formation (de L3 à M2), afin de comprendre leurs représentations des futurs et le processus de construction de leur identité professionnelle. Ces focus-groups ont pour nous un statut exploratoire destiné à faire émerger des hypothèses à propos de représentations et de contextes de formation peu étudiés (Touré, 2010). Nous avons construit ces entretiens de façon à explorer plusieurs dimensions, nous apparaissant comme susceptibles de révéler un rapport au futur des élèves-ingénieurs :

- la motivation des élèves-ingénieurs à intégrer l'école et l'image qu'ils ont actuellement du métier d'ingénieur : un pourcentage significatif des élèves-ingénieurs ne désire pas travailler comme ingénieur une fois leur diplôme obtenu (CDEFI, 2009), ce qui pose la question du sens que les étudiants donnent à leur cursus de formation et au métier que ce dernier vise ;
- leur projection personnelle dans les futurs (visions de vie, équilibre vie personnelle / professionnelle, sens qu'ils donnent à leur vie future, etc.) : il s'agit ici de croiser avec les résultats obtenus dans le champ de la Futures Education sur les futurs personnels, tout en spécifiant l'angle à un futur où le métier d'ingénieur serait exercé par les étudiants ;
- leur projection dans les futurs professionnels (visions de situations de travail, plaisir / inquiétudes, champ d'activités, etc.) : cette dimension n'est pas présente dans les recherches sur les représentations des futurs, elle nous semble de nature à compléter les représentations que les élèves-ingénieurs se font du métier ;
- leur projection dans les futurs de la société (visions de société future, place des sciences et des techniques, engagement éthique, social ou politique, etc.) : il s'agit ici aussi de mettre en relation les représentations des élèves-ingénieurs, qui sont engagés dans une formation scientifique et technique finalisée par une fonction sociale spécifique, avec ce que les recherches dans le champ de la Futures Education nous indiquent sur les futurs sociétaux dans lesquels se projettent les étudiants.

Ces entretiens collectifs ont été conduits au sein de l'école, quelques jours après la rentrée des élèves-ingénieurs en 1ère année (L3). Leur durée moyenne est d'environ une heure. Une fiche de synthèse individuelle est remplie par les participants à la fin de chaque session.

L'analyse est ensuite effectuée en deux temps : plusieurs « lectures flottantes » permettent de s'imprégner des données et de construire des catégories de codage qui servent ensuite à faire émerger des représentations des futurs.

RÉSULTATS

Nous rendons compte de l'analyse des entretiens collectifs en distinguant quatre dimensions : l'orientation des élèves, les représentations des futurs à l'échelle individuelle et sociétal, et la manière dont les élèves-ingénieurs envisagent leur futur métier.

S'ORIENTER DANS LES FUTURS

Les discours des élèves-ingénieurs mettent en avant deux explications contrastées pour expliquer leur arrivée à l'INP-ENSIACET.

La majorité des élèves-ingénieurs déclarent que leur orientation résulte d'une série de choix visant à laisser les futurs ouverts (« je savais que c'était ce qui m'ouvrait le plus de portes possibles », « je vais là où ça me ferme le moins de portes et où je préfère »). Le critère de décision est alors souvent un critère par défaut (« on élimine ce qu'on n'aime pas et on voit ce qui reste en fait », « la chimie, ça n'a pas vraiment été un choix parce que je n'étais pas très bon en maths et pas très bon physique », « on se ferme un peu tout seul des portes », « je suis là parce que je ne savais pas trop quoi faire »). Les entretiens font ressortir une tendance des élèves-ingénieurs à se retrouver dans cette position (« il y a une majorité de personnes qui ne sait pas trop ce qu'elle fait là »).

Pour d'autres, c'est l'intérêt pour une discipline scolaire qui a été source de motivation (« la chimie, dès que j'ai commencé, j'ai adoré », « la chimie, c'est une des matières qui me plaisaient le plus », « j'ai toujours su que je voulais faire de la chimie »). Ces élèves développent un goût pour les sciences, qui tient à la manière dont elles correspondent à leur manière d'être au monde : la science leur permet de « comprendre des phénomènes » (« ça met une certaine logique dans la tête », « ça donne des explications à des phénomènes qui pour nous étaient du hasard »). Ils explicitent également un rapport aux techniques, dirigé vers l'amélioration du bien-être collectif.

Par contre, peu d'éléments sont développés en lien direct au métier d'ingénieur.

LES FUTURS À L'ÉCHELLE DE L'INDIVIDU

Les élèves-ingénieurs développent des représentations paradoxales de leurs futurs. D'un côté, le métier les intéresse pour sa diversité et les possibilités qu'il donne à pouvoir changer de secteur d'activités (« je ne veux pas être enfermé plus tard et me dire « mince je n'ai plus le choix maintenant » »). De l'autre, les représentations de leurs futurs sont stéréotypées : la vie personnelle se fonde sur des éléments de stabilité, tels que le couple, un travail à heures fixes, généralement dans la région dont ils sont originaires, des conditions de travail non stressantes, les élèves-ingénieurs souhaitent « avoir des points de repère » pour « pouvoir commencer à se projeter » pour tout le reste de la vie ».

Ils se voient également majoritairement évoluer dans des domaines liés aux énergies renouvelables et à la santé.

LES FUTURS À L'ÉCHELLE DE LA SOCIÉTÉ

Trois représentations des futurs sont exprimées, qui relèvent toutes de visions d'aires urbaines (« des zones rurales un peu désertées » ou qui « n'existent plus parce que les villes s'étendent »).

- Un futur technique, marqué par la robotisation et les technologies de l'information et la communication (« je vois une société très connectée, des choses qui facilitent les flux d'informations, les flux humains »), mais aussi par une augmentation des inégalités sociales, de l'exclusion et des troubles psychologiques (« on aura encore plus de technologies qui vont nous renfermer sur nous-mêmes, et

- qui vont nous faire vivre dans un monde virtuel »).
- Un futur durable, fondé sur les transitions énergétique et agroécologique (« une ville avec beaucoup de verdure, ça sera bicyclette, voiture électrique », « manger des trucs plus naturels », « des villes beaucoup plus hautes, beaucoup plus peuplées » « la nature et la végétation qui cohabitent avec le béton »).
 - Un futur catastrophiste, caractérisé par le changement climatique : une planète devenue invivable soumise aux famines, guerres et migrations.

EXERCER LE MÉTIER D'INGÉNIEUR DANS LE FUTUR ?

Les représentations du métier sont positives en termes de reconnaissance sociale et d'activités. Deux positions s'expriment entre les élèves qui ont des idées précises sur ce qui relève du métier d'ingénieur (« l'ingénieur, c'est une charnière, c'est quelqu'un qui fait le lien entre une demande et une réalisation ») et d'autres pour lesquels le métier est encore flou (« c'est encore loin », « on n'y est pas encore exposé », « je ne vois pas forcément le quotidien »). Les dimensions du métier saillantes sont liées à des compétences sociales (responsabilité dans la gestion de projets, animation d'équipes et de réunions, etc.).

Les élèves-ingénieurs développent des discours paradoxaux, dont ils sont conscients, notamment du point de vue de l'éthique. Ainsi, s'ils évoquent majoritairement une position responsable et concernée des enjeux climatiques et environnementaux (« pas travailler dans une chimie comme à l'heure actuelle, une chimie avec une vision de ce qui va arriver après à l'être humain, aux consommateurs »), ils les mettent en face de la complexité de la vie d'adultes (« j'ai envie de dire qu'aujourd'hui, je ne trahirais jamais mon éthique. Le problème c'est que peut-être que dans ma vie d'adulte, je vais être amenée à traverser des choses qui vont faire que je vais devoir la compromettre un jour ou l'autre »).

DISCUSSION – CONCLUSION

Si l'on retrouve des résultats établis dans le champ de la Futures Education, comme par exemple des futurs personnels conçus comme positifs et des évolutions à l'échelle mondiale vues de manière plus pessimistes, les représentations des futurs, développées par les élèves-ingénieurs apparaissent complexes et traversées de paradoxes : engagement social vs fatalisme, continuité des institutions sociales vs rupture dans les modes de vie et de penser, etc.

Ces représentations nous apparaissent importantes à documenter et à travailler avec les élèves-ingénieurs, car elles constituent des leviers pour imaginer avec les enseignants-chercheurs des écoles de l'INP-Toulouse des dispositifs pédagogiques susceptibles de développer la pensée des futurs des élèves-ingénieurs.

En effet, l'enjeu est bien de donner du sens à un cursus de formation majoritairement structuré sur des apports scientifiques et techniques en les ancrant davantage dans des dimensions sociales et éthiques, qui sont engagées dans le rapport, individuel et collectif, que les individus ont au futur. Concevoir des dispositifs de formation qui articuleraient enseignement scientifique et technique, études de questions socialement vives et développement de la pensée des futurs est ainsi considéré comme un enjeu important de la didactique des QSV (Nedelec & Molinatti, 2019). Le champ des Futures Education peut constituer à ce titre un réservoir de dispositifs (scénarios prospectifs, design fiction, futures wheels, etc.) à adapter et étudier dans le cadre de la formation scientifique et technique des élèves-ingénieurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Albero, B. & Roby, C. (2014). Les enjeux du rapport aux sciences humaines et sociales dans la formation des ingénieurs en France. *Revue française de pédagogie*, **186**(1), 59-73. Cairn.info.
- Beau, R. & Larrère, C. (2018). *Penser l'Anthropocène*. Presses de Sciences Po.
- Branchetti, L., Cutler, M., Laherto, A., Levrini, O., Palmgren, E. K., Tasquier, G. & Wilson, C. (2018). The I SEE project: An approach to futurize STEM education. *Visions for Sustainability*, **9**.
- Buntting, C. & Jones, A. (2015). Futures Thinking in the Future of Science Education. In D. Corrigan, C. Buntting, J. Dillon, A. Jones & R. Gunstone (Eds.). *The Future in Learning Science : What's in it for the Learner ?* (pp. 229-244). Springer.
- Carter, L. & Smith, C. (2003). Revisioning science education from a science studies and futures perspective. *Journal of Future Studies*, **7**(4), 45-54.
- CDEFI (2009). La motivation des élèves ingénieurs dans le choix de leurs études. *Etudes de la conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieurs*, **1**, 1-18.
- Chateauraynaud, F. (2013). Des prises sur le futur. Regard analytique sur l'activité visionnaire. In D. Bourg, P.-B. Joly & A. Kaufmann (Eds.). *Du risque à la menace* (pp. 287-309). PUF.
- Chouteau, M., Escudie, M. P., Forest, J. & Nguyen, C. (2015). La technique est-elle condamnée à entrer par effraction dans notre culture ? *Phronesis*, **4**(2), 6-16.
- CTI (2019). *Références et orientations de la Commission des titres d'ingénieur— Livre I*.
- Deldicque, T., Loeve, S. & Steiner, P. (2018). Enquête sur les sciences humaines et sociales dans les écoles d'ingénieurs. *Revue d'histoire des sciences humaines*, **33**. <https://doi.org/10.4000/rhsh.1214>
- Demarque, C., Apostolidis, T., Chagnard, A. & Dany, L. (2010). Adaptation et validation française de l'échelle de perspective temporelle « Consideration of future consequences » (CFC). *Bulletin de psychologie*, **509**(5), 351-360. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/bupsy.509.0351>
- Gidley, J. & Inayatullah, S. (2002). *Youth futures : Comparative research and transformative visions*. Praeger.
- Hicks, D. (2008). A futures perspective in education. In S. Ward (2008). *A Student's Guide to Education Studies*. Routledge.
- Jones, A., Buntting, C., Hipkins, R., McKim, A., Conner, L. & Saunders, K. (2012). Developing Students' Futures Thinking in Science Education. *Research in Science Education*, **42**(4), 687-708. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9214-9>
- Julien, M. P., Chalmeau, R., Vergnolle-Mainar, C. & Léna, J.-Y. (2018). An innovative framework for encouraging future thinking in ESD: a case study in a French school. *Futures*, **101**, 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.04.012>
- Lemaître, D. (2014). Quelles finalités pour les sciences humaines et sociales dans la formation des ingénieurs ? *Kalim*, 25-40.
- Lloyd, D. & Wallace, J. (2004). Imaging the Future of Science Education: The Case for Making Futures Studies Explicit in Student Learning. *Studies in Science Education*, **40**(1), 139-177. <https://doi.org/10.1080/03057260408560205>
- Maury, C. (2011). La réalité du travail de l'ingénieur et son évolution. *Annales des Mines - Réalités industrielles, Février 2011*(1), 74-82. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/rindu.111.0074>

- Nedelec, L. & Molinatti, G. (2019). Démarche d'enquête et éducation aux incertitudes : Le dispositif des scénarios du futur. In J. Simonneaux (Ed.). *La démarche d'enquête. Une contribution à la didactique des questions socialement vives* (p. 65-81). Educagri éditions.
- Nordensvärd, J. (2014). Dystopia and disutopia : Hope and hopelessness in German pupils' future narratives. *Journal of Educational Change*, 15(4), 443-465. <https://doi.org/10.1007/s10833-014-9237-x>
- Pestre, D. (2015). Savoirs et sciences de la Renaissance à nos jours. Une histoire de longue durée. In D. Pestre, S. Van Damme, K. Raj, C. Bonneuil & H. O. Sibum, (2015), *Histoire des sciences et des savoirs*. Seuil.
- Rubin, A. (2013). Hidden, inconsistent, and influential: Images of the future in changing times. *Futures*, 45, S38-S44. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2012.11.011>
- Touré, E. H. (2010). Réflexion épistémologique sur l'usage des focus groups : fondements scientifiques et problèmes de scientificité. *Recherches qualitatives*, 29(1), 5-27.

COMPORTEMENT D'ÉTUDIANTS EFFECTUANT UN TITRAGE ACIDE-BASE, À PARTIR DES TRACES D'ACTIVITÉ DU LOGICIEL TITRAB

Isabelle Girault¹, Claire Wajeman¹, Cédric D'ham¹
1 : Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG)
Université Grenoble Alpes UMR 5217

Résumé : L'utilisation d'un logiciel dédié à la conception d'une expérience de titrage par des étudiants nous permet d'accéder à des traces informatiques sur l'activité de ces étudiants. Les diagnostics et rétroactions implémentés dans le logiciel TitrAB ne permettant pas à tous les étudiants de résoudre les exercices demandés, nous avons recherché dans les traces des informations pouvant expliquer leur échec. Il s'agit de traces se déroulant sur une fenêtre temporelle. L'analyse des traces de l'activité de 409 étudiants d'université permet d'accéder à des comportements d'étudiants sur l'ensemble de leur activité. La récurrence de certaines erreurs dans une séquence temporelle d'actions, a indiqué la présence d'une difficulté et le besoin d'un étayage complémentaire.

Mots-clés : titrage acide-base ; diagnostique ; étayage ; comportements ; protocole expérimental ; environnement d'apprentissage

BEHAVIOR OF STUDENTS PERFORMING AN ACID-BASE TITRATION, FROM LOGICIEL TITRAB SOFTWARE ACTIVITY TRACES

Abstract : The use of a software dedicated to the design of a titration experiment by students allows us to access activity traces of these students. The diagnostic and feedback implemented in TitrAB are not sufficient for all the students to succeed in the problem solving activity. We have been looking for information in the traces to explain this failure. It corresponds to traces spread over a time window. The analysis of these traces of 409 university students has made it possible to detect behaviors on all their activities. The recurrence of some errors in a temporal sequence of actions indicated the presence of a difficulty and the need for extra scaffold.

Keywords : Acid-base titration; diagnostic; scaffold; behavior; experimental protocol ; learning environment

ELABORER DES PROTOCOLES DE TITRAGE AVEC LE LOGICIEL TITRAB

Le titrage acide-base est une situation pédagogique courante en chimie. Dans les séances traditionnelles d'activités expérimentales sur les titrages, les étudiants doivent suivre un protocole établi afin de déterminer la concentration d'une solution à titrer. Les solutions titrantes, les indicateurs colorés éventuels et les appareils de mesure sont en général fournis. Les étudiants se posent rarement la question du choix des réactifs titrants, de leur concentration et du volume prélevé de la solution à titrer. Le travail des étudiants consiste essentiellement à exploiter le résultat du titrage. Ainsi, beaucoup d'études se sont focalisées sur les stratégies employées par les élèves lorsqu'ils effectuent des calculs pour exploiter le résultat d'un titrage et déterminer la concentration de la solution à titrer (Anamuah-Mensah, 1986; Ouertatani & Dumon, 2008).

Néanmoins, dans des situations où les étudiants ne sont pas aussi guidés dans les choix des réactions, volumes et concentrations, d'autres problèmes apparaissent. Dans un article de Bataille et al. (2010), des problèmes et des doutes sont apparus du côté des étudiants quand ils ont dû faire des choix. « Habituellement tout est connu (...). Une liberté totale dans le choix du matériel a déstabilisé beaucoup d'étudiants ». La confrontation à des problèmes concrets révèle que les étudiants n'ont pas forcément assimilés de simples calculs de dilution (Bataille et al., 2010). Widarti et al. (2017) ont identifié des difficultés de la part d'étudiants, dans le choix du matériel et le rinçage associé, lors de situations de titrage.

Etkina et al. (2010) ont montré que les activités où les étudiants conçoivent une expérience, favorisent la réflexion et les apprentissages. Néanmoins, il s'agit d'une activité complexe pour laquelle il est nécessaire d'accompagner les étudiants. Nous avons déjà caractérisé les difficultés rencontrées par des élèves pour élaborer un protocole expérimental de titrage (Berthet et al., 2015) et proposé des étayages pour les aider dans leur tâche (Berthet et al., 2017 ; d'Ham et al., 2019). Une des difficultés majeures pour les étudiants est de faire un calcul préalable afin de déterminer la quantité de matière adaptée de solution à titrer et, éventuellement, de faire une dilution. Il est nécessaire de faire un calcul par anticipation : il faut prendre en compte le matériel disponible tout en effectuant un raisonnement à l'aide de la valeur approximative de la concentration de la solution titrée.

Le logiciel TitrAB (titrab.imag.fr) permet à des étudiants de s'entraîner à concevoir une expérimentation de titrage et à l'exploiter pour déterminer une concentration, avant de faire des expériences similaires au laboratoire. Seize situations de titrage acide-base de niveaux progressifs sont proposées. Dans chacune d'elles, l'étudiant conçoit l'expérience en fixant les différents paramètres expérimentaux du titrage, puis fait exécuter le protocole correspondant par une simulation intégrée à TitrAB. La simulation permet à l'étudiant de tester rapidement son protocole et facilite le travail de conception de l'expérience. TitrAB permet aux étudiants de mener librement une investigation et l'opportunité de pratiquer ce type d'approche scientifique (Donnelly et al., 2013).

LE DIAGNOSTIC AUTOMATIQUE ET LES RÉTROACTIONS DANS TITRAB

Lorsque l'étudiant valide son protocole, un diagnostic automatique est effectué. Selon le résultat obtenu, la rétroaction fournie à l'étudiant est, soit un message décrivant une erreur dans le protocole, soit la courbe de titrage simulée. La courbe de titrage n'est fournie que si aucune erreur n'a été détectée. Les erreurs sont diagnostiquées par un système de doubles contraintes appliquées sur le protocole (Ohlsson, 1992). Chaque contrainte a une condition de satisfac-

tion (qui détermine si l'erreur est présente dans la procédure) et une condition de validité (qui détermine pour quel état de la procédure une contrainte doit être vérifiée). Ce diagnostic est effectué sur l'état du protocole, au moment où il est soumis par l'étudiant.

Le diagnostic par contraintes permet de pointer les difficultés liées au choix des solutions et de la verrerie, difficultés qui ont été identifiées dans les travaux précédents (Berthet et al., 2015). Ces auteurs décrivent une autre difficulté des élèves non gérée par le système de diagnostic par contraintes : le calcul des quantités de matières de titré et titrant, à faire réagir au cours du titrage. Dans le cas de TitrAB, une burette de 25 mL est utilisée et il est indiqué dans les consignes que les quantités de matière des réactifs doivent permettre d'obtenir un volume équivalent (V_{eq}), compris entre 8 et 20 mL (problèmes de précision en deçà de 8 mL et d'exploitation de la courbe au-delà de 25 mL). Uniquement dans ce cas, la courbe simulée est accompagnée de la valeur expérimentale du V_{eq} extraite de l'exploitation de la courbe. Cette valeur permet de répondre au problème posé. Si les quantités de matière des solutions utilisées ne sont pas adaptées, les étudiants obtiennent donc une courbe non exploitable.

QUESTION DE RECHERCHE

Malgré les rétroactions fournies par TitrAB, beaucoup d'étudiants ne parviennent pas à résoudre les exercices proposés (par exemple, 203 étudiants ont réussi l'exercice 1 sur 379 étudiants qui ont fait cet exercice ; résultats issus de l'étude présentée dans la méthodologie décrite ci-après). L'objectif de cette étude est de comprendre pourquoi ces étudiants ne réussissent pas dans TitrAB. À partir des traces des étudiants, nous pouvons effectuer un autre type de diagnostic qui analyse l'activité de l'étudiant sur une fenêtre temporelle choisie. Ceci est différent du diagnostic par contraintes qui analyse l'état du protocole à un instant donné. Ce nouveau diagnostic doit pouvoir permettre d'obtenir des informations sur les comportements des utilisateurs, dans l'objectif de détecter les difficultés des étudiants vis-à-vis de concepts de chimie.

À partir des études précédentes, nous avons anticipé trois comportements que nous souhaitons rechercher dans les traces : (i) modifier un protocole sans réussir à obtenir une courbe exploitable, (ii) ne pas proposer une concentration après avoir obtenu une valeur de V_{eq} et (iii) ne pas prendre en compte la dilution du titrant ou du titré pour le calcul de la concentration de la solution titrée.

MÉTHODOLOGIE

Le corpus de données est constitué de 409 étudiants de licence 1ère année qui ont utilisé TitrAB en 2017, dans un enseignement de méthodes expérimentales qui inclut une séquence sur les titrages acide-base. Les étudiants doivent faire individuellement des exercices sur TitrAB hors de la classe. Chaque enseignant d'un groupe de travaux dirigés (TD) a fait, au préalable, une démonstration du logiciel en classe. Les étudiants doivent faire trois exercices de difficulté croissante (nommés ici, exercices 1, 2 et 3).

Nous avons utilisé les traces informatiques des actions effectuées par les étudiants sur TitrAB, enrichies par les diagnostics automatiques. Les actions analysées sont : soumettre une expérience au simulateur ou proposer une valeur de concentration pour la solution titrée. Une trace est marquée temporellement et contient les valeurs des paramètres de l'action choisie par l'étudiant. Elle est enrichie par les éléments de diagnostic automatique effectués par le système sur cette action : le nombre et la nature des erreurs effectuées par l'étudiant et la

rétroaction faite à l'étudiant (messages, tracé d'une courbe, V_{eq}). L'analyse automatique actuelle ne concerne que l'action que vient d'effectuer l'étudiant et donc, ne tient pas compte des actions passées de l'étudiant. L'exploitation des traces présentée ici, vise à prendre en compte l'historique des actions d'un étudiant.

Les traces informatiques ont subi un cycle de traitement de contrôle, nettoyage, sélection et agrégation (voir la méthode présentée par Mandran et al. (2014). Nous avons réalisé ensuite un codage des actions des étudiants qui intègre un niveau de réussite de l'action : la soumission d'un protocole est codée E si elle est infructueuse, T si elle produit un tracé de courbe inexploitable, V si elle produit une courbe exploitable et un volume équivalent. La soumission d'une valeur de concentration est codée c si elle est erronée et C sinon. Le chemin de résolution d'un exercice par un étudiant est ensuite représenté très simplement par la succession temporelle de ces codes d'actions. Ces séquences sont de longueur très variables ; entre 1 et 76 actions pour un exercice. Une séquence permet donc d'interpréter, dans une certaine mesure, le cheminement de résolution d'un étudiant. Voici quelques exemples facilement interprétables.

- Une séquence d'actions qui conduit de façon optimale à la réussite : VC. L'étudiant a soumis une expérience qui produit une courbe exploitable et une valeur de V_{eq} (V) ; l'étudiant a ensuite proposé directement la bonne concentration (C).
- La séquence VcCEEET peut être interprétée comme la résolution rapide de l'exercice. La première soumission de protocole est fructueuse (V) suivi d'une soumission infructueuse puis fructueuse de concentration (cC). Le problème est donc rapidement résolu, mais l'étudiant continue par une exploration d'autres protocoles (EEET), ce qui ne relève pas de difficultés mais illustre une stratégie d'exploration. Dans ce dernier exemple, le cheminement VcC n'est pas problématique car l'étudiant est immédiatement capable de corriger son erreur. Un étayage complémentaire est donc inutile.
- Par contre, un cheminement du type VccccVcccEETVccc traduit un étudiant en difficulté quant à la détermination de la concentration ; le repérage de ce comportement et l'identification de la nature de l'erreur permettront de fournir un étayage adapté.

Nous étudions les séquences de façon qualitative, pour repérer des comportements au cours du temps, que nous avons anticipés. Nous avons ensuite déterminé le nombre d'occurrence des comportements d'étudiants repérés.

RÉSULTATS

Le tableau 1 résume les résultats pour les trois comportements que nous avons anticipés, avec pour chacun la séquence d'actions que nous avons recherchée dans les traces. Nous donnons le nombre d'étudiants associés à chaque comportement, avec le nombre d'étudiants total qui pourraient avoir ce comportement. Nous avons centré l'étude présentée ici sur deux des trois exercices réalisés : l'exercice 1 qui ne nécessite pas de dilution d'une des solutions utilisées (titrée ou titrante) et l'exercice 2 qui inclut une dilution. 380 étudiants ont travaillé sur l'exercice 1 et 324 étudiants sur l'exercice 2.

Comportements observés	Séquences d'actions correspondantes	Nombre d'étudiants repérés	Nombre d'étudiants total
A- Ne pas réussir à passer d'une courbe non exploitable à une courbe exploitable.	Présence de T (sans aucun V)	Exercice 1 : 55 Exercice 2 : 66	306* 298*
B- Ne pas proposer une concentration immédiatement après avoir obtenu une courbe exploitable.	Présence de V mais ni Vc ni VC	Exercice 1 : 37 Exercice 2 : 46	251** 232**
C- Ne pas prendre en compte le facteur de dilution	V...c Avec des valeurs de concentrations correctes, au facteur de dilution près.	Exercice 2 : 74 (pas de dilution dans l'exercice 1)	211***

Tableau 1. : Comportements d'étudiants utilisant le logiciel TitrAB.

Les points de suspension indiquent la possibilité d'une séquence d'actions.

*Nombre d'étudiants qui obtiennent une courbe (T et/ou V) dans l'exercice concerné.

**Nombre d'étudiants qui obtiennent une courbe exploitable (V) dans l'exercice concerné.

***Nombre d'étudiants obtenant une courbe exploitable (V) puis proposent une concentration (c ou C).

DISCUSSION

Chaque comportement est discuté en essayant de comprendre les éventuelles causes. Notre volonté est de proposer un étayage, une modification du logiciel, pour remédier à ces comportements et aider les étudiants à progresser dans leurs apprentissages.

COMPORTEMENT A : NE PAS RÉUSSIR À MODIFIER UN PROTOCOLE POUR OBTENIR UNE

COURBE EXPLOITABLE

Des étudiants n'arrivent pas à modifier leur protocole avec succès pour passer d'une courbe non exploitable à une courbe permettant d'obtenir un V_{eq} . La difficulté sous-jacente est de déterminer les quantités de matière mises en jeu dans le titrage. Elle est spécifique de la conception de cette expérience, en raison du calcul par anticipation nécessaire. Le protocole de l'expérience 1 est plus facile que celui de l'exercice 2, car il n'y a pas de dilution à effectuer, néanmoins 18 % (55/306) des étudiants présentent ce comportement. Ce chiffre augmente un peu pour l'exercice 2 (22 % soit 66/298) avec la complexité du protocole à écrire. Nous avons cherché à comprendre ce que font les étudiants ayant ce comportement. Pour cela, nous avons compté le nombre d'actions faites par chacun après avoir eu une courbe non exploitable. Par exemple, pour l'exercice 1, les étudiants font beaucoup d'actions : la médiane se situe à 5 actions avec 29/55 étudiants au-dessus de la médiane. Cela montre que des étudiants semblent perdus et font des tentatives infructueuses. Pour les accompagner dans ce raisonnement complexe, la courbe inexploitable est désormais accompagnée d'un texte : « La valeur du volume équivalent n'a pas été déterminée par le système. Pour minimiser les incertitudes, la valeur du volume équivalent doit être suffisamment grande : au minimum 8 mL pour une burette de 25 mL. Un

peu d'aide ? ». L'aide conduit à des questions pour aider l'étudiant à interpréter sa courbe sans lui donner la réponse.

COMPORTEMENT B : NE PAS PROPOSER UNE CONCENTRATION IMMÉDIATEMENT APRÈS

UNE COURBE

Des étudiants ont des difficultés à exploiter leur courbe de titrage pour donner une concentration exacte alors qu'ils ont obtenu un V_{eq} entre 8 et 20 mL. Dans l'exercice 2, 46 étudiants (20 %) ne proposent pas de concentration directement après avoir obtenu une valeur de V_{eq} . Une analyse plus détaillée de leurs séquences d'action montre deux profils : 21 étudiants ne proposent aucune concentration, tandis que 25 vont d'abord retourner sur leur protocole et le modifier avant de proposer une concentration. Si les premiers semblent ne pas savoir comment exploiter le V_{eq} obtenu, il est difficile d'interpréter le deuxième profil : veulent-ils explorer le modèle avant de proposer une concentration et terminer leur exercice ? De nombreux travaux ont mis en évidence les difficultés d'élèves ou étudiants à comprendre le principe de point d'équivalence et les concepts de chimie sous-jacents (Sheppard, 2006 ; Supatmi et al., 2019). Il est nécessaire de mieux comprendre les raisons de ces comportements avec TitrAB pour pouvoir proposer une adaptation du logiciel. Nous pourrions ajouter une rétroaction vers un étudiant qui effectue plusieurs actions de soumission d'expérience après avoir obtenu un V_{eq} au lieu de proposer une concentration. La difficulté est de distinguer le cas de l'étudiant perdu qui modifie son protocole, de celui qui retourne explorer les paramètres du protocole avant de terminer son exercice en proposant une concentration. Un travail plus approfondi est nécessaire en interrogeant, par exemple, des étudiants.

COMPORTEMENT C : NE PAS PRENDRE EN COMPTE LE FACTEUR DE DILUTION

Nous avons focalisé notre recherche sur l'exercice 2 qui comporte une dilution avec un facteur de dilution égal à 10. La séquence d'action permet de repérer qu'un étudiant rencontre une difficulté au niveau de la détermination de la concentration. Identifier que la difficulté provient du facteur de dilution nécessite d'introduire une information complémentaire sur la valeur de concentration proposée par l'étudiant. Parmi les 211 étudiants qui ont obtenu une courbe exploitable et proposé une concentration, 74 étudiants (35 %) ont donné une concentration dix fois plus faible que celle attendue, ce qui montre qu'ils ne prennent pas en compte le facteur de dilution. 39 ont corrigé immédiatement après le retour du logiciel indiquant une concentration erronée ; 16 ont donné la bonne concentration après une ou plusieurs tentatives infructueuses et 19 étudiants n'ont pas réussi à trouver la bonne concentration. Pour accompagner ces étudiants, nous avons ajouté un diagnostic permettant de vérifier que la concentration proposée était correcte au facteur de dilution près. Il est facile d'ajouter une rétroaction sur le facteur de dilution pour alerter les étudiants sur ce point : « Avez-vous pris en compte la dilution ? ». Cependant ce type de rétroaction ne prend pas en compte le facteur temporel. Cet étayage n'est pas utile pour les étudiants qui avaient réussi à corriger directement leur erreur (séquence VcC). C'est la prise en compte de la récurrence de l'erreur dans une séquence temporelle d'actions qui indique la présence d'une difficulté et le besoin d'un étayage complémentaire. La mise en place d'un tel étayage nécessite la détection automatique du comportement et du besoin en temps réel.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les traces informatiques permettent d'accéder à des informations sur l'activité des étudiants dans un logiciel et sont complémentaires à ce qu'apporte un corpus plus classique en didactique des sciences (questionnaire, enregistrements audios et vidéos). Notamment, ces traces donnent une information sur l'aspect temporel qui permet de voir des essais multiples. Les chercheurs et les enseignants, via un tableau de bord dédié, peuvent obtenir des informations qu'ils ne pourraient obtenir sinon, avec comme finalité d'adapter le logiciel ou l'enseignement.

Les évolutions du logiciel tendent à guider davantage les étudiants, ce qui est le cas quand on pose des questions pour aider à interpréter une courbe non exploitable.

Désormais, nous voulons évaluer l'impact des modifications apportées au logiciel sur l'activité des étudiants et également ajouter des rétroactions du logiciel sur certains comportements jugés non profitables par rapport aux apprentissages.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Laure Piron pour son travail de master.

BIBLIOGRAPHIE

- Anamuah-Mensah, J. (1986). Cognitive strategies used by chemistry students to solve volumetric analysis problems. *Journal of Research in Science Teaching*, **23**(9), 759-769. <https://doi.org/10.1002/tea.3660230902>
- Bataille, X., Beauvineau, E., Vigneron, M., Cheymol, N. & Mas, V. (2010). Investigation et analyse chimique : Un TP-défi d'analyse qualitative et quantitative... Sans aucune solution préparée ! *L'Actualité Chimique*, **337**, 45-50.
- Berthet, A., d'Ham, C. & Girault, I. (2017). TitrAB : un logiciel pour apprendre à élaborer le protocole d'un titrage acido-basique. *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, **111**(997), 999-1012.
- Berthet, A., Girault, I. & d'Ham, C. (2015). Difficultés d'élèves pour élaborer un protocole expérimental. Un exemple en classe de terminale *S. Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, **109**(978), 1395-1408.
- D'Ham, C., Girault, I., & Berthet, A. (2019). Modèles et étayages pour l'élaboration de protocoles par les élèves : Cas des titrages acide-base. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, **19**, 165-186. <https://doi.org/10.4000/rdst.2474>
- Donnelly, D., O'Reilly, J. & McGarr, O. (2013). Enhancing the Student Experiment Experience : Visible Scientific Inquiry Through a Virtual Chemistry Laboratory. *Research in Science Education*, **43**(4), 1571-1592. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9322-1>
- Etkina, E., Karelina, A. & Ruibal-Villasenor, M. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities : Learning in introductory physics laboratories. *The Journal of the Learning Sciences*, **19**, 54-98.
- Mandran, N., Girault, I. & D'Ham, C. (2014). *DC_TEL: Framework for assisting the data production and analysis in TEL*. 2020. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02459494>

- Ohlsson, S. (1992). Constraint-based student modelling. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, **3**, 429-447.
- Ouertatani, L. & Dumon, A. (2008). L'appropriation des « objets de savoir » relatifs aux titrages acide-base par les élèves et les étudiants tunisiens. *Didaskalia*, **32**, 9-40.
- Sheppard, K. (2006). High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, **7**(1), 32-45. <https://doi.org/10.1039/B5RP90014J>
- Supatmi, S., Setiawan, A. & Rahmawati, Y. (2019). Students' misconceptions of acid-base titration assessments using a two—Tier multiple-choice diagnostic test. *African Journal of Chemical Education*, **9**(1). <https://www.ajol.info/index.php/ajce/article/view/183074>
- Widarti, H. R., Permanasari, A. & Mulyani, S. (2017). Students' Misconceptions on Titration. *J. Phys.: Conf. Ser.*, **812**(012016).

CONCEPTION D'OUTILS DIDACTIQUES SUR LA CIRCULATION SANGUINE UNE DOUBLE ENQUÊTE DIDACTIQUE ET HISTORIQUE

Maud Pelé¹, Patricia Crepin-Obert¹

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz EA 4434 (LDAR)

Université d'Artois : EA4434, Université de Cergy Pontoise : EA4434, Université de Rouen Normandie, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12 : EA4434, Université de Paris : EA4434

Résumé : Cette communication explique la méthodologie suivie pour la conception d'outils didactiques dont l'objectif est de donner à des enseignants des leviers les aidant à faire problématiser des élèves de cycle 4 de collège sur la circulation sanguine. En articulation avec le cadre de la problématisation, le cadre de la reconstruction didactique est utilisé pour justifier les choix didactiques et historiques réalisés.

Mots-clés : problématisation, reconstruction didactique, circulation sanguine, outil didactique

DEVELOPMENT OF DIDACTICAL TOOLS ON BLOOD CIRCULATION A DOUBLE DIDACTICAL AND HISTORICAL INVESTIGATION

Abstract : This paper explains the methodology used to design didactical tools whose objective is to give teachers levers to make cycle 4 students in middle school problematize about the subject of blood circulation. In conjunction with the problematization framework, the model of didactical reconstruction is used to justify the didactical and historical choices made.

Keywords : problematization, didactical reconstruction, blood circulation, didactical tools

CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Des recherches antérieures (Pelé, 2016, Pelé et Crépin-Obert, 2020) menées sur des séances de problématisation de la circulation sanguine à partir d'éléments historiques, ont montré certaines difficultés des enseignants pour développer la construction de problème chez leurs élèves. Des leviers à la problématisation, identifiés par les chercheurs lors des séances de classe, n'ont pas été utilisés par les enseignants. Le but de cette communication est de présenter la méthodologie suivie pour la conception d'un ensemble d'outils didactiques à destination des enseignants pour les aider à faire problématiser des élèves de cycle 4 sur la circulation sanguine.

CADRES THEORIQUES

Dans les recherches en didactiques des sciences, plusieurs fonctions sont attribuées à l'histoire des sciences : apprendre des concepts scientifiques ; approcher la nature de la science ; étudier les rapports entre l'Institution scolaire et l'histoire des sciences (de Hosson & Schneeberger, 2011). Nous nous inscrivons majoritairement dans le premier axe, c'est-à-dire l'utilisation d'éléments historiques pour enseigner le concept de circulation sanguine en cycle 4 de collège. Nous nous appuyons sur le cadre de la problématisation (Fabre, 1999 ; Orange, 2005), mais l'utilisation d'éléments historiques nous a conduit à utiliser celui de la reconstruction didactique (de Hosson, 2011).

LE CADRE DE LA PROBLÉMATISATION

Problèmes et savoirs scientifiques sont fortement liés (Lhoste, 2006). La problématisation se définit par trois dimensions : position, construction et résolution du problème (Fabre, 1999). C'est la définition ou construction du problème par les élèves qui permet la mise en tension critique du savoir et conduit à la construction de raisons (Orange, 2005). Le travail des élèves sur la circulation sanguine doit leur permettre de développer des possibilités et impossibilités, de réfléchir à leurs conséquences et de dégager ainsi des nécessités soumises aux autres élèves pour discussion donnant davantage de sens aux raisons établies (ibid.). La construction d'espace de contraintes permet de représenter d'une part, les faits empiriques mobilisés (registre empirique) et les nécessités dégagées (registre des modèles explicatifs) et d'autre part, leurs mises en tension ayant eu lieu (ibid.). Les pratiques enseignantes autour de la problématisation questionnent les aides que peut apporter le professeur pour permettre aux élèves de construire un problème scientifique. Fabre et Musquer (2009) identifient des inducteurs de problématisation essentiellement centrés sur le travail proposé aux élèves. Crépin-Obert (2017) définit les déterminants à la problématisation centrés sur la pratique enseignante dans une vision plus macroscopique du débat étudié. Nous parlerons de façon plus générale de levier à la problématisation en intégrant l'ensemble des éléments susceptibles d'aider les élèves à problématiser, que ce soit en amont ou pendant la séance.

LE CADRE DE LA RECONSTRUCTION DIDACTIQUE

De Hosson définit la reconstruction didactique « comme une séquence d'enseignement conçue sur la base d'informations historiques explicites et se donnant pour but l'apprentissage d'un concept » (2011, p. 34). Elle propose une dialectique entre didactique et histoire des sciences avec deux enquêtes :

- une enquête didactique ayant pour but de repérer et d'analyser les difficultés et les obstacles associés à l'apprentissage d'un concept ;

- une enquête historique visant à l'analyse épistémologique de textes historiques en regard de l'enquête didactique.

L'enquête historique, orientée par l'enquête didactique, n'est ni exhaustive, ni neutre et peut conduire « des reconstructions différentes de celles proposées par les historiens des sciences » (ibid.). Ces deux enquêtes ont pour visée de comprendre les principaux obstacles épistémologiques inhérents au concept de circulation sanguine.

PROBLEMATIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Notre problématique s'intéresse à la construction d'un ensemble d'outils didactiques à destination des enseignants pour les aider à mobiliser des leviers potentiels à la problématisation de la circulation sanguine. C'est l'histoire des sciences que nous utilisons comme référence épistémologique. Cette problématique se décline en deux questions de recherche :

- QR1 : Quels sont les obstacles présents chez les élèves lors de l'enseignement de la circulation sanguine et comment favoriser leur repérage par les enseignants ?
- QR2 : Quels sont les éléments et événements historiques majeurs de la construction du concept de circulation sanguine à même d'éclairer les modèles explicatifs des élèves et comment les utiliser comme des leviers à la problématisation ?

Ces deux questions traitées dans nos enquêtes didactiques et historiques nous conduirons à des choix raisonnés pour les outils didactiques proposés.

ENQUÊTE DIDACTIQUE PRÉLIMINAIRE SUR LA CIRCULATION SANGUINE

L'OBSTACLE MAJEUR DE L'IRRIGATION SANS RETOUR

Selon Astolfi et Peterfalvi, les obstacles « correspondent à ce qui fait vraiment résistance aux apprentissages et aux raisonnements scientifiques, tout en répondant de façon « confortable » aux besoins d'explication des enfants » (1993, p.108). Ils ne doivent pas forcément être vus comme une difficulté et peuvent également devenir des leviers à l'apprentissage en provoquant « un questionnement qui aide à positionner le problème et développer une contre-argumentation qui participe à construire le problème » (Crépin-Obert, 2010, p. 483). Les obstacles des élèves sur la circulation sanguine humaine sont bien documentés : difficultés de concevoir une double circulation ; le cœur comme une double pompe ou un système circulatoire clos (Arnau-din & Mintzes, 1985) ; le non endiguement du sang ; le tuyau continu à paroi imperméable et l'irrigation sans retour (Pautal, 2012). Ce dernier obstacle est renforcé par l'analogie fréquente entre irrigation sanguine et irrigation des cultures (Rumelhard, 1997). Or, « la réalité du concept biologique de circulation présuppose l'abandon de la commodité du concept technique d'irrigation » (Canguilhem, 1985, p. 23). Lhoste (2006), lors d'un débat sur la nutrition, a démontré l'importance d'établir l'impossibilité d'une irrigation et la nécessité d'un retour du sang au cœur pour passer d'un modèle irrigateur à un modèle circulateur du trajet du sang.

DES EXPÉRIMENTATIONS EN CLASSE

Ouahioune et Fortin (2009) proposent des pistes pédagogiques à partir de matériaux historiques. Des confrontations entre conceptions initiales des élèves et conceptions historiques ont permis d'engager les élèves dans des questions autour du trajet du sang nourricier. Plu-

sieurs séances de problématisation à partir d'une bande dessinée numérique utilisant l'histoire des sciences ont été analysées (Pelé, 2016). Les quatre enseignants observés admettent une méconnaissance de l'histoire de la circulation sanguine. Les différents modèles explicatifs historiques ou proposés par les élèves, dont l'obstacle de l'irrigation sans retour, n'ont pas été repérés. Cela a conduit à une problématisation de la circulation sanguine peu fructueuse par l'absence de construction du problème ; les différents modèles irrigateur et circulateur n'ayant pas été discernés par les élèves comme les enseignants. À la suite de cette enquête exploratoire, une nouvelle séance réalisée après entretien avec une des enseignantes, a permis d'avoir accès à différents modèles explicatifs, historiques et des élèves (Pelé & Crépin-Obert, 2020). Des échanges langagiers plus importants entre élèves, des prises en compte de leurs modèles explicatifs majoritairement irrigateurs et un travail autour de différents matériaux (historiques, modèle analogique...) ont favorisé une construction du problème par les élèves, notamment l'établissement de la nécessité d'un retour du sang au cœur.

ENQUETE HISTORIQUE SUR LA CIRCULATION SANGUINE

LE MODÈLE DE L'IRRIGATION SANS RETOUR

Dès l'antiquité, Hippocrate (-460.-375) et Aristote (-384.-322) s'intéressent au trajet du sang dans l'organisme. Ils décrivent un trajet dans les veines depuis le cœur vers les organes où le sang est consommé. Le médecin Galien (129-210) démontre, à partir de dissections et d'expérimentations, la présence de sang dans les artères. Il décrit ainsi un double système de distribution : le système veineux nourrissant les organes grossiers comme le foie et le système artériel transportant le sang riche en esprit vital nourrissant les organes délicats comme les poumons (Teyssou, 2014). Cette double irrigation sans retour des organes par un sang nourricier s'impose pendant 14 siècles.

Au Moyen-Orient, le médecin Ibn Al Nafis (1208-1288), décrit en 1242, le passage du sang entre les deux ventricules par les poumons et non par des pores invisibles de la paroi intraventriculaire comme le disait Galien (Jacquart, 2007). Ce passage par les poumons sera ensuite redécouvert au XVI^{ème} siècle notamment par Servet (1511-1553) et Colombo (1515-1559). À la même époque, Vésale (1514-1564) défend d'abord les idées de Galien puis admet en 1555 l'absence de pores dans la paroi intraventriculaire sans proposer une alternative (Teyssou, 2014). Fabrizio d'Acquapendente (1537-1619) observe la disposition des valvules veineuses tournées vers le cœur empêchant le retour du sang vers les organes. Il les interprète comme un système empêchant l'accumulation d'une quantité trop importante de sang au niveau des organes. « Situées dans une perspective historique, les explications de Fabrizio offrent une belle leçon d'épistémologie : le paradigme régnant peut toujours être sauvé par des hypothèses auxiliaires » (Grmek, 1990, p. 97). Césalpin (1519-1603) utilise le premier le terme de circulation (Flourens, 1857). Ses observations des valvules du cœur l'amènent à l'impossibilité d'un retour en arrière du sang. Il imagine alors une « circulation » du sang partant du cœur gauche par les artères, pour revenir au cœur droit par les veines ; le sang étant envoyé du cœur aux organes pendant l'éveil et des organes au cœur pendant le sommeil (Boustani, 2007). Ainsi, même si Césalpin pressent l'idée de la circulation, il ne rejette pas le mouvement de flux et de reflux du sang dans les vaisseaux. Au cours de toute cette période, les nouvelles découvertes sont ainsi intégrées dans le modèle de l'irrigation sans retour.

HARVEY ET LE MODÈLE DE LA CIRCULATION SANGUINE

Quels sont les arguments utilisés par Harvey (1578-1657) pour justifier son modèle circulatoire ? Pour les déterminer, nous avons à partir de son livre *De motu cordis*, élaboré un espace des contraintes (figure 1.). Les contraintes empiriques sont orientées vers les nécessités car une approche empiriste est clairement affirmée. « Il faudra, en effet, confirmer ce qui est exact, réformer ce qui est faux, chercher la vérité, à l'aide de dissections anatomiques, d'expériences nombreuses et d'observations attentives, soigneusement faites » (Harvey, 1628, p. 45). Chaque chapitre présente les faits observés puis les explications ainsi permises. La nécessité du retour du sang au cœur apparaît essentielle dans le raisonnement circulatoire. C'est la prise en compte du calcul de la quantité de sang éjecté du cœur dans l'aorte qui permet à Harvey de construire ce savoir nécessaire. Les raisonnements quantitatifs n'ont pas cours à l'époque pour comprendre le rôle des organes (Grmek, 1990). C'est la déduction anatomique qui est utilisée : les organes ont une finalité comme les outils et leurs fonctions sont déduites par l'observation structurale. Harvey se détache de cette approche et cherche « à lier les phénomènes les uns aux autres, sans les rapporter à une structure. Il avait déduit en somme le mécanisme du fonctionnement » (Canguilhem, 1994, p. 227).

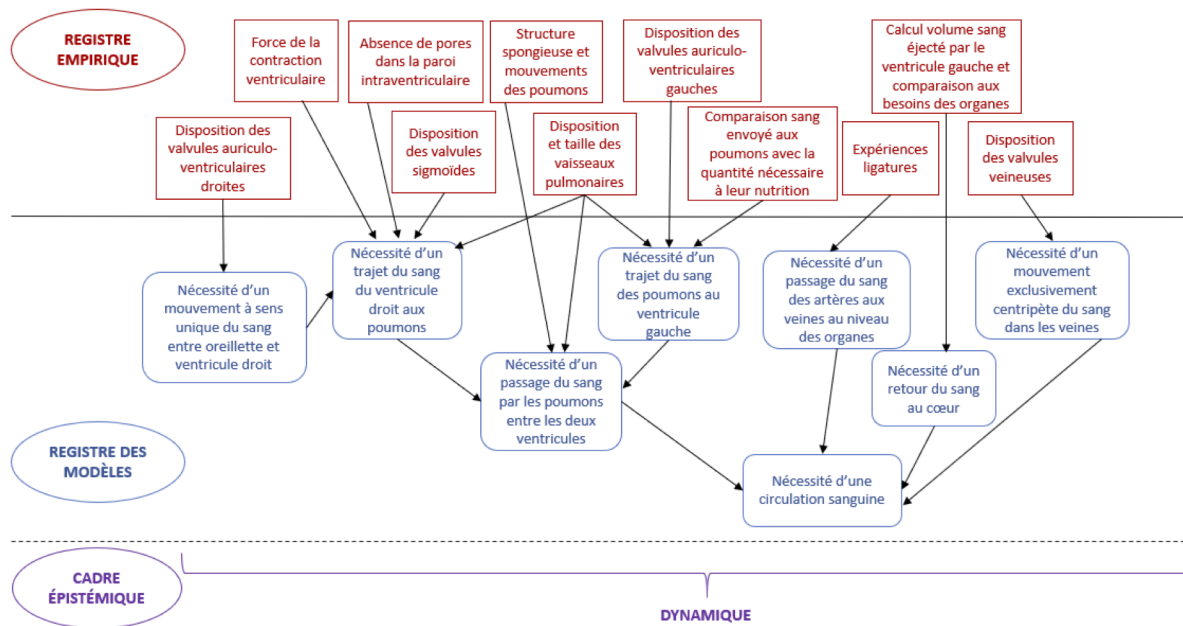


Figure 1. : Espace des contraintes de la première problématisation de la circulation sanguine par William Harvey (1628).

Harvey se revendique aristotélien. Dans son cadre de pensée, il rapproche le mouvement circulaire du sang aux mouvements circulaires de l'atmosphère et des pluies, décrits par Aristote. Pour lui, seul le mouvement circulaire du sang permet de penser l'unité et l'identité de celui-ci dans le changement : il est dans une représentation dynamique du corps humain (Carvalho, 2016).

DES OPPOSANTS AU MODÈLE NOVATEUR DE LA CIRCULATION

De nombreuses controverses scientifiques ont lieu entre circulateurs, partisans d'Harvey et irri-

gateurs, ses opposants. Jean Riolan (1577-1657), dans son Manuel anatomique (1653) refusant la circulation pulmonaire, admet le passage du sang par les pores de la paroi intraventriculaire et rejette le passage du sang entre artères et veines au niveau des organes. Caspar Hoffmann (1572-1648) combat Harvey et ne comprend pas « pour quelle raison la nature aurait créé deux types de vaisseaux différents pour transporter le sang s'il était de même nature dans les artères et dans les veines » (Teyssou, 2014, p. 42). Or, la couleur rouge du sang artériel et celle plus sombre du sang veineux sont connus à l'époque et c'est une des attaques les plus importantes que subit Harvey, ses arguments pour y répondre étant peu convaincants (Duris & Gohau, 1997).

LA CONCEPTION D'OUTILS DIDACTIQUES FONDES SUR L'HISTOIRE DES SCIENCES EN VUE DE L'ÉTUDE PRINCIPALE

LA DÉFINITION D'OUTILS DIDACTIQUES

Plane et Schneuwly définissent les outils didactiques par « le fait qu'ils soient mis au service d'un enseignement ou d'un apprentissage particulier, et qu'ils participent à un dispositif dans lequel ils jouent un rôle précis » (2000, p. 4). Notre méthodologie vise à outiller l'enseignant par un ensemble d'éléments utilisables en classe, mais aussi permettant de développer la culture de sa discipline. En effet, le repérage des différents modèles, tant chez les élèves que dans l'histoire, est souvent difficile pour les enseignants, l'obstacle de l'irrigation étant souvent ignoré. Cette difficulté montre qu'au-delà des aides prévues ou repérées lors des séances, la culture personnelle didactique et historique est un élément qui entre en jeu dans l'accompagnement de la problématisation des élèves. Parmi les outils proposés, l'enseignant peut en sélectionner certains en fonction de ses besoins, en amont ou pendant sa séance d'enseignement. Ils prennent alors le statut d'aides didactiques ayant un rôle de facilitateurs des activités didactiques (Astolfi *et al.*, 1997). Ils pourront être alors utilisés comme leviers potentiels à la problématisation de la circulation sanguine des élèves.

LES CHOIX EFFECTUÉS

En lien avec l'enquête didactique préliminaire, deux outils sont conçus pour développer la culture didactique de l'enseignant. Il s'agit :

- des exemples prototypiques de conceptions initiales des élèves sur le trajet et le rôle du sang dans l'organisme. Une interprétation des obstacles présents sous-jacents et des différents modèles explicatifs irrigateurs et circulateurs existants chez les élèves est précisée ;
- une présentation des attendus d'une problématisation scolaire notamment autour de la construction d'un problème. L'enquête préliminaire (Pelé, 2016) a montré une problématisation peu fructueuse notamment liée à des échanges très limités entre les élèves et une absence de confrontation entre leurs différents modèles explicatifs. La place centrale de la construction du problème est rappelée ainsi que l'importance des échanges langagiers des élèves. Le rôle de l'enseignant comme accompagnateur de ces échanges en relançant la discussion, en aidant les élèves à verbaliser leur pensée, en pointant leurs incohérences et leurs oppositions est indiquée.

En lien avec l'enquête historique, les outils conçus sont :

- une présentation des principales étapes de l'histoire du concept de la circulation

- sanguine. Les apports des différents savants et médecins depuis l'Antiquité sont exposés en insistant sur les différents modèles explicatifs ayant eu cours. Lorsque c'était possible, des citations tirées de leurs ouvrages sont transcrites ;
- des mises en schéma du modèle irrigateur de Galien et du modèle circulateur d'Harvey sont proposées. Les premiers schémas sont proposés par Michel Voisin (2011). Dans ces deux schémas, la place du foie est précisée. À partir de ceux-ci, une version plus didactisée sans le foie a été conçue ;
 - des sources historiques primaires. Des extraits de *De motu cordis* d'Harvey ont été choisis à partir de l'espace de contraintes réalisé (figure 1.). Deux passages sur les aspects quantitatifs du sang éjecté par le cœur montrent comment le modèle irrigateur est rejeté par Harvey et l'amène à penser à un système circulaire. Les deux autres passages mentionnent des expériences de ligatures et de coupures de veines et artères. Ils montrent comment Harvey a établi le sens de circulation dans les vaisseaux. Quant aux extraits choisis des écrits de Riolan, ils décrivent son modèle du trajet du sang, essentiellement irrigateur ainsi que son rejet du passage du sang par les poumons entre les deux ventricules ;
 - une reconstruction historique. Il s'agit d'un dialogue imaginé entre Riolan et Harvey. Bien que fictif, celui-ci s'appuie sur les échanges réalisés par les deux médecins dont il reste la trace dans leurs ouvrages respectifs. Ce dialogue est organisé en quatre parties : la première partie expose les modèles des deux savants et le problème étudié, la seconde partie rappelle le calcul réalisé par Harvey pour rejeter le modèle irrigateur et justifier son modèle circulateur, la troisième partie relate les expériences sur le sens du sang dans les vaisseaux sanguins, la quatrième présente les arguments en faveur d'une double circulation du sang.

Parmi tous ces outils, tous ne sont pas envisagés pour être utilisés en classe. Les attendus d'une problématisation, les exemples de conceptions et les jalons historiques ont pour but principal de développer la culture didactique et historique des enseignants. Ils jouent le rôle de levier à la problématisation en donnant à l'enseignant la possibilité de mieux connaître et donc, de mieux repérer les différents modèles explicatifs et les obstacles présents. Les autres outils sont pensés comme supports éventuels à utiliser en classe avec les élèves. Ils peuvent jouer le rôle de levier à la problématisation en permettant d'aider les élèves à positionner le problème, par exemple, à partir de la première partie du dialogue, à construire le problème en comparant les schémas des modèles de Galien et d'Harvey et à résoudre le problème en analysant les expériences de ligatures réalisées par Harvey. Les choix de leur utilisation sont donc laissés aux enseignants qui s'appuieront sur leur expertise professionnelle et la connaissance qu'ils ont de leurs élèves.

PERSPECTIVES

Au terme de nos deux enquêtes, des convergences entre les obstacles présents chez les élèves et les conceptions historiques apparaissent, notamment la présence de l'obstacle épistémologique de l'irrigation sans retour. Les conceptions historiques et celles des élèves ne sont bien sûr pas identiques, les contextes et les cadres conceptuels dans lesquels elles s'appliquent étant fortement différents. Et si l'obstacle épistémologique n'est qu'analogique dans les communautés scolaire et historique c'est qu'il est généré au sein de problématisations différentes (Crépin-Obert, 2010). L'utilisation d'éléments historiques paraît donc à même de travailler l'obstacle de l'irrigation sans retour chez les élèves et d'offrir aux enseignants des leviers leur permettant de développer une problématisation féconde. Les outils didactiques ont été proposés à quatre

enseignants début 2020, afin qu'ils les mettent en œuvre dans leurs classes. Des entretiens sont prévus avec ces enseignants : l'un en amont de leur séance afin qu'ils expliquent les choix faits parmi les outils proposés et leur utilisation prévue, l'autre après leur séance ciblant l'exploitation effective des aides didactiques retenues en classe. Les séances seront filmées. Les espaces de contraintes de la problématisation établiront les nécessités éventuellement construites par les élèves. Les modèles d'analyse des inducteurs et des déterminants permettront d'identifier les leviers à la problématisation menée par les enseignants, notamment ceux en lien avec les outils proposés. La pertinence des choix effectués lors de leur conception sera évaluée en regard de l'efficacité de la problématisation opérée par chacun des enseignants.

BIBLIOGRAPHIE

SOURCES DIDACTIQUES

- Arnaud, M. W. & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
- Astolfi, J. P. & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, 16, 103-141.
- Astolfi, J.P, Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. & Toussaint, J. (1997). *Mots clés de la didactiques des sciences : repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : De Boeck Université
- Canguilhem, G. (1985). *La connaissance de la vie*. Paris : Librairie philosophique J. Vrin.
- Canguilhem, G. (1994). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Librairie philosophique J. Vrin.
- Crépin-Obert, P. (2010). *Construction de problèmes et obstacles épistémologiques à propos du concept de fossile : étude épistémologique comparative entre des situations de débat à l'école primaire et au collège et des controverses historiques du XVIIe au XIXe siècle*. Thèse de doctorat, Université de Nantes.
- Crépin-Obert, P. (2017). Pratique de débat et problématisation en paléontologie. Le problème de la filiation entre ammonite et escargot en CM2. In M. Bächtold, J-M. Boilevin & B. Calmettes (Eds.). *L'activité de l'enseignant en sciences : comment l'analyser et la modéliser ?* (pp. 65-94). Louvain-la-neuve, Belgique : Presses Universitaires de Louvain.
- de Hosson, C. (2011). *L'histoire des sciences : Un laboratoire pour la recherche en didactique et l'enseignement de la physique*. Habilitation à diriger des recherches, Université Paris Diderot.
- de Hosson, C. & Schneeberger, P. (2011). Orientations récentes du dialogue entre recherche en didactique et histoire des sciences. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 3, 9-12.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3e : Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster*, 42, 79-108.
- Orange, C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 40, 3-11.
- Ouahioune, N. & Fortin, C. (2009). «Mon sang n'a fait qu'un tour». La découverte de la circulation sanguine. In A. Djebbar, C. de Hosson & D. Jasmin, *les découvertes*

- en pays d'islam* (pp. 31-44). Paris : Ed. Le Pommier.
- Pautal, E. (2012). Partie 1 Chapitre 3 : La circulation du sang : éléments de références épistémologiques, institutionnelle et didactique. In *Enseigner et apprendre la circulation du sang : analyse didactique des pratiques conjointes et identifications de certains de leurs déterminants : trois études de cas à l'école élémentaire* (pp. 45-75). Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II.
- Pelé, M. & Crépin-Obert, P. (à paraître, 2020). *Étude comparée de pratiques enseignantes guidant la problématisation dans une classe de cinquième sur la circulation sanguine via l'histoire des sciences*. In 10ème rencontres scientifiques de l'ARDIST, 2018, Saint-Malo.
- Pelé, M. (2016). *Problématisation autour de la circulation sanguine en classe de cinquième à partir d'une bande dessinée utilisant l'histoire des sciences*. Mémoire de Master de Recherche. Université Paris Diderot.
- Plane, S. & Schneuwly, B. (2000). Regards sur les outils de l'enseignement du français : un premier repérage. *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle*, 22(1), 3-17.
- Rumelhard, G. (1997). Travailler les obstacles pour assimiler les connaissances scientifiques. *Aster*, 24, 13-35.

SOURCES HISTORIQUES ET EN HISTOIRE DES SCIENCES

- Boustani, F. (2014). *La circulation du sang. Entre Orient et Occident, l'histoire d'une découverte*. Paris : Philippe Rey.
- Carvalho, S. M. (2016). La circulation sanguine comme pierre de touche : Harvey, Riolan, Descartes. *Lato Sensu : Revue de la Société de philosophie des sciences*, 3(1), 84-92.
- Duris, P. & Gohau, G. (1997). *Chapitre 8 Le sang circulant. In Histoire des sciences de la vie* (2ème ed.) (pp.155-173). Paris : Belin.
- Flourens, P. (1857). *Histoire de la découverte de la circulation du sang*. Paris : Garnier Frères.
- Grmek, M. D. (1990). *La première révolution biologique. Réflexions sur la physiologie et la médecine du dix-septième siècle*. Paris : Payot.
- Harvey, W. (1869/1990). *De motu cordis La circulation sanguine* (traduit par C. Richet). Paris : Christian Bourgois éditeur.
- Jacquart, D. (2007). Ibn an-Nafis : Premier découvreur de la circulation pulmonaire. *La Revue du praticien*, 57(1), 110-113.
- Riolan, J. (1653). *Manuel anatomique, et pathologique, ou abrégé de toute l'anatomie et des usages que l'on en peut tirer pour la connaissance, et pour la guérison des maladies*. Gaspar Meturas : Paris. consulté à l'adresse <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k55291991.r=jean%20riolan?rk=21459;2>
- Teyssou, R. (2014). *Une histoire de la circulation du sang*. Paris : l'Harmattan.
- Voisin, M. (2011). William Harvey et la circulation sanguine. *Bulletin de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier*, 42, 367-379.

CONCEPTIONS INITIALES D'ENFANTS DE CINQ ANS SUR LA DÉCOMPOSITION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE INFLUENCE DES PRATIQUES DE COMPOSTAGE À LA MAISON SUR LA COMPRÉHENSION DES CONCEPTS SCIENTIFIQUES EN JEU

Valérie Marchal-Gaillard¹, Jean-Marie Boilevin¹,
Patricia Marzin-Janvier¹, Agnès Grimault-Leprince¹

1 : Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique (CREAD)
Université de Bretagne Occidentale [UBO] : EA3875

Résumé : Cette recherche en cours s'inscrit dans la réflexion menée sur la contribution de la didactique des sciences à l'éducation pour un développement durable. Elle s'intéresse aux connaissances en jeu et aux pratiques de compostage chez des enfants de cinq ans et leurs parents. Nous analysons les conceptions initiales de ces enfants concernant la compréhension de la décomposition de la matière organique dans ce contexte. Il s'agit également de comprendre en quoi les pratiques familiales influencent la compréhension par les enfants des mécanismes scientifiques en jeu, ainsi que leur intérêt pour les questions relatives à l'environnement.

Mots-clés : éducation pour un développement durable, éducation à l'environnement, conceptions initiales, Maternelle, culture scientifique

INITIAL IDEAS OF PRESCHOOL CHILDREN, ON ORGANIC MATTER DECOMPOSITION HOME'S INFLUENCE OF COMPOSTING IN CHILDREN'S KNOWLEDGE OF SCIENTIFIC CONCEPTS

Abstract : This ongoing research is part of a reflection on the contribution of science literacy to education for sustainability. The present communication proposes to investigate the scientific understanding of organic matter decomposition while composting among five-year old children. Our aims is also to understand how family practices influence children's understanding of the scientific reasoning, as well as their interest in environmental issues.

Keywords : education for sustainability, initial conceptions, early childhood, scientific literacy

CONTEXTE ET ENJEUX

L'un des enjeux pour la recherche en didactique des sciences est d'établir comment appréhender les enjeux de société dans une approche systémique et globale, dans un questionnement tenant compte des échelles spatiales, temporelles et de complexité (Girault & Sauvé, 2008 ; Simonneaux, 2011). Selon Lange *et al.* (2007), l'enjeu de l'éducation au développement durable est de former des citoyens éclairés, capables de construire avec discernement des opinions raisonnées. On comprend alors que l'éducation doit viser la construction de savoirs disciplinaires, plutôt que la transmission d'informations ou le changement d'opinion (Voisin & Lhoste, 2013). Tout comme dans cette dernière étude, nous nous plaçons dans une posture interdisciplinaire avec un point d'ancrage privilégié, mais non exclusif, en sciences.

PROBLÉMATIQUE

Dans le contexte de l'éducation au développement durable, notre étude porte sur l'alphabétisation scientifique (Fourez, 2002) d'élèves de grande section de Maternelle. Il s'agit alors d'une éducation PAR la science POUR un développement durable. Pour Lange et Victor (2006), les concepts scientifiques sont convoqués pour « leur valeur heuristique et donc leur capacité à expliquer et agir sur le monde ». L'entrée dans la culture scientifique, développée également par Orange et Plé (2000), et Grancher *et al.* (2015), se définit comme la modification de conceptions initiales issues des expériences individuelles des enfants dans la sphère familiale, pour aller vers des conceptions scientifiques. Ainsi, comme souligné par Orange et Orange-Ravachol (2013), « ce n'est pas tant les représentations en elles-mêmes qu'il faut étudier, mais la façon dont elles interviennent dans l'accès aux savoirs scientifiques ».

Dans le cadre de notre recherche en cours, nous emploierons le terme de conceptions que nous préfererons à celui de représentations (Lhoste *et al.*, 2010 ; Grancher *et al.*, 2015). Nous considérons que le terme représentation tel qu'utilisé dans le concept du modèle précurseur (Lemeignan & Weil-Barais, 1993 ; Ravanis & Boilevin, 2009) pourrait également être employé dans notre étude. Selon Ravanis (2010), les représentations initiales ainsi « produites de l'histoire individuelle et sociale de l'enfant se trouvent en interaction continue avec le milieu socioculturel et éducatif ». Ainsi, l'apprentissage des sciences par les jeunes enfants commence au travers des expériences vécues au quotidien (Allen, 2014 ; Kambouri, 2015 ; Delserieys *et al.*, 2018 ; Gomes & Fleeer, 2017). Selon Kambouri-Danos *et al.* (2019) par exemple, les représentations initiales des jeunes enfants sont parfois incompatibles avec les modèles, théories ou concepts scientifiques. Peterfalvi (2001) précise que s'il n'est pas possible d'avoir accès directement à ces conceptions initiales, il est en revanche possible d'inférer leur présence à partir de formulations ou de productions des élèves. Ajoutons enfin que les conceptions initiales et les obstacles sur la décomposition de la matière organique ont déjà été étudiés dans le contexte de l'enseignement formel à l'école maternelle (Leach *et al.*, 1996 ; Ergazaki *et al.*, 2009) et auprès d'élèves plus âgés (Andersson, 1990 ; Hellden, 1995 ; Lhoste *et al.*, 2010).

Comme souligné par Pramling Samuelsson (2011) et Musser et Diamond (1999), l'éducation au développement durable auprès de jeunes enfants doit porter sur des pratiques quotidiennes vécues par les enfants avec leurs parents. Il est important de comprendre quels facteurs influencent les intentions et pratiques de tri (Barr, 2007). Selon cet auteur, les liens entre attitudes et pratiques pro-environnementales peuvent être principalement attribuées à trois groupes de variables interdépendantes : les valeurs environnementales, les facteurs situationnels et les

facteurs psychologiques. Si l'on s'arrête sur les facteurs situationnels, de nombreux auteurs (e.g. Vining & Ebreo, 1997 ; Coggins, 1994 ; Martin *et al.*, 2006) ont montré que les caractéristiques sociodémographiques, un meilleur accès aux dispositifs de tri et un plus large espace de stockage des déchets, avaient pour conséquence directe une meilleure participation au recyclage.

Dans notre communication, nous chercherons donc à répondre à la question suivante : quelles conceptions initiales sur la décomposition de la matière organique peut-on identifier chez des enfants âgés de cinq ans, dans le contexte de leur pratique du compostage à la maison en France ?

MÉTHODOLOGIE

RECUEIL DES DONNÉES

Une méthodologie mixte a été retenue pour cette étude. Ce choix est motivé par un objectif de triangulation : il s'agit d'obtenir des données différentes, mais complémentaires, afin de mieux comprendre le problème de recherche (Karsenti & Savoie-Zajc, 2000). Nous souhaitons bénéficier des différents avantages des méthodes qualitatives (plus de détails) et quantitatives (taille de l'échantillon, tendances) réduisant ainsi les faiblesses de l'une par la complémentarité de l'autre.

Le recueil de données a été effectué entre novembre 2018 et février 2019 à Rennes et à Tours. Ces deux métropoles ont été choisies comme terrains d'études car elles présentent des profils différents de gestion des déchets ménagers organiques. En effet, Rennes disposait de 584 composteurs partagés au moment du recueil, contre 22 à Tours. Les composteurs partagés (fig.1) sont installés gratuitement par les métropoles au pied d'immeubles ou dans des jardins publics. Dans chaque ville, quatre écoles maternelles ont été sélectionnées en répondant aux critères suivants : implantation dans des quartiers de profils différents (urbains favorisés, mixtes, populaires ; périurbains mixtes) et absence d'enseignement préalable sur les déchets et le compostage. Les enseignantes de grande section volontaires pour participer à la recherche ont sélectionné six élèves, en respectant les contraintes qui leur avaient été données pour constituer un échantillon représentatif de la population de l'école, avec des parents autorisant leur enfant à être filmé et enregistré et acceptant d'être, eux-mêmes, enregistrés lors d'un entretien.

Au total, 48 enfants et 48 parents ont été interrogés lors d'entretiens semi-directifs. Les enfants étaient, dans un premier temps, mis en activité par groupe de trois sur des thématiques générales relatives à la pollution ou à la consommation d'eau, de manière à se sentir plus à l'aise. Puis, ils étaient interrogés individuellement pendant 20 à 30 minutes (fig. 2) sur leur lieu de résidence, leur pratique de gestion des déchets à la maison, la décomposition de pommes et le compostage. Les entretiens s'appuyaient sur l'utilisation de photos, de déchets et de compost. Les parents étaient interrogés pendant 30 à 50 minutes sur leurs connaissances du compostage, leurs pratiques de gestion des déchets à la maison et sur l'implication de leurs enfants dans ces pratiques.

Par ailleurs, les autres enfants de la classe étaient interrogés en utilisant des questionnaires adaptés aux élèves non lecteurs, inspirés des travaux de Musser et Diamond (1999). Par groupes de quatre, ils étaient interrogés sur leurs pratiques de gestion des déchets à la maison et dans la rue, la décomposition de pommes et le devenir des feuilles mortes tombées sur le sol forestier.

Des images représentant des situations quotidiennes étaient présentées aux enfants, associées à des cercles et une question leur était alors posée. Les autres parents de la classe recevaient un questionnaire à compléter, portant sur leurs connaissances du compostage et leur gestion des déchets ménagers. Au total, 172 questionnaires ont été complétés par les enfants et 86 questionnaires ont été complétés par les parents.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Les entretiens individuels et les activités par groupes ont été transcrites manuellement. Le logiciel Sphinx IQ2 a été utilisé pour traiter certaines réponses aux questions posées en entretiens et pour traiter les questionnaires enfants et parents. Entretiens et questionnaires ont été agrégés, afin d'analyser les corrélations entre les réponses des parents et celles de leurs enfants. Pour les questions ouvertes, un travail d'analyse des réponses, préalable à la saisie sur Sphinx, a été nécessaire. Certaines réponses ont été regroupées de manière à obtenir des catégories saisissables et analysables dans le logiciel. Des tris à plat ont été réalisés automatiquement dans Sphinx, afin de visualiser les réponses dans leur ensemble, sous forme de tableaux et de graphiques. Les analyses ont ensuite été affinées en effectuant des tris croisés, permettant de recouper plusieurs variables. Ces analyses multivariées ont ainsi permis de relier réponses et facteurs situationnels.

Pour cette communication, nous avons choisi de présenter une partie des analyses d'entretiens menés avec les enfants.

PREMIERS RÉSULTATS

AU NIVEAU MACRO

60 % des 48 participants vivent dans une maison avec jardin. Lors des entretiens individuels, une série de six photos de différents types de composteurs (fig.3) était présentée aux enfants. On leur demandait alors s'ils avaient déjà vu un objet de ce type chez eux (dans leur jardin ou sur leur balcon). Une large majorité des enfants (77 %) disent n'avoir jamais vu quelque chose comme cela à leur domicile, et 19 % d'entre eux reconnaissent l'une de ces images comme représentant un objet présent chez eux.

Lorsque l'on demandait aux enfants de nommer ces objets, la moitié d'entre eux disaient qu'ils représentaient des « poubelles ». Comme on peut le voir sur la figure 4, seuls des enfants vivant en maison (24 % d'entre eux) ont su donner le nom de « composteurs ».

Quand les enfants étaient interrogés sur l'utilité de ces objets, 38 % d'entre eux déclaraient que n'importe quels types de déchets pourraient y être stockés. 31 % ne savaient pas à quoi cela pouvait servir et 25 % d'entre eux pensaient que ces objets servaient à entreposer uniquement les épluchures de fruits et de légumes.

Après avoir observé du compost mûr, les enfants étaient interrogés sur le régime alimentaire des vers présents dans le composteur. 38 % des enfants pensaient qu'ils mangeraient les morceaux ou les épluchures de fruits et de légumes, 35 % d'entre eux répondaient que les vers mangeraient la terre (le compost étant considéré comme de la terre pour tous les enfants interrogés) et 13 % déclaraient qu'ils mangeraient les autres animaux présents dans le compost.

La chercheuse demandait alors ce que deviendraient les morceaux de fruits ou les épluchures, s'ils étaient laissés là encore plusieurs semaines. 29 % des enfants répondaient qu'ils allaient « pourrir », décrivant principalement des modifications dans leur apparence (« noircir », « sécher »). 25 % d'entre eux pensaient qu'ils seraient mangés par des « petites bêtes », 21 % ne savaient pas ce qu'il se passerait et 19 % déclaraient que les épluchures et les morceaux de fruits ne changeraient pas. En fin d'entretien, les enfants devaient expliquer comment les petites bêtes présentes dans le compost étaient arrivées là (fig. 5). Pour presque la moitié d'entre eux (47 %), les animaux avaient grimpé, avaient creusé ou s'étaient faufiletés pour accéder au compost. Pour 38 % des enfants, en revanche, les animaux avaient été transportés et déposés dans le compost par les humains. On constate par ailleurs que 67 % des enfants ayant un composteur à domicile déclaraient que les animaux avaient trouvé seuls leur chemin vers le composteur.

AU NIVEAU MICRO

Sur le modèle de Palmer *et al.* (2003), nous avons construit une carte des idées et des ruptures de compréhension à partir des réponses des élèves (fig. 6). Chaque cercle représente une étape de la décomposition de la matière organique dans le composteur avec, entre guillemets, un verbatim d'enfant l'illustrant. Les ruptures de compréhension permettant de passer d'une étape à la suivante sont représentées par des traits verticaux en pointillés. Sous chacun de ces traits, sont présentées des cartouches avec des verbatims d'enfants, illustrant leurs idées erronées. Les chiffres entre parenthèses représentent une proposition de mesure des connaissances des enfants, à chaque étape de la décomposition de la matière organique, allant de 1 à 3. À partir de ces extraits et en nous appuyant sur les travaux de Rolland et Marzin (1996) et de Crépin-Obert (2014), il nous est possible d'inférer la présence d'obstacles de différentes catégories (fig. 7).

CONCLUSION

Les premiers résultats présentés ici montrent que plus de la moitié des enfants interrogés sont capables de dire que les épluchures et morceaux de fruits et légumes présents dans le composteur vont continuer de pourrir, sans explication sur l'origine de ce pourrissement. Un quart d'entre eux pensent qu'ils sont mangés par les animaux observés dans le compost. Presque la moitié des enfants sont également capables d'expliquer que les animaux présents dans le composteur y sont parvenus seuls. Ces éléments nous laissent penser que des enfants de 5 ans, même sans expérience directe du compostage, mais après observation et questionnement, sont capables de manifester des éléments de compréhension sur le fonctionnement du cycle de la matière dans le composteur et font un lien entre la présence d'êtres vivants et la transformation des déchets. La mise en place de séquences d'enseignement scientifique autour du compostage en Maternelle pourrait-elle faciliter la compréhension du devenir de la matière organique dans les écosystèmes et ainsi, servir de levier face aux obstacles identifiés auprès d'élèves de sixième par Lhoste *et al.* (2010) ?

L'étude en cours permettra de fournir des préconisations pour mettre en place une telle séquence pédagogique, voire proposer des formations afin d'accompagner les enseignants dans la mise en place de ce type d'enseignement.

BIBLIOGRAPHIE

- Allen, M. (2014). *Misconceptions in Primary Science*. Maidenhead: Open University Press
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, **18**, 53-85.
- Barr, S. (2007). Factors influencing environmental attitudes and behaviors. A UK case study of household waste management. *Environment and Behavior*, **39** (4), 435-473.
- Coggins, C. (1994). Who is the recycler? *Waste Management Resource Recovery*, **1**(2), 69-75.
- Crépin-Obert, P. (2014). L'analogie, obstacle épistémologique ou raison scientifique pour enseigner la parenté et la filiation entre êtres vivants. *RDST*, **9**, 19-50.
- Delserieys, A., Jegou, C., Boilevin, J.-M. & Ravanis, K. (2018). Precursor model and preschool science learning about shadows formation. *Research in Science and Technological Education*, **36**(2), 147-164.
- Ergazaki, M., Zogza, V. & Grekou, K. (2009). From preschoolers' ideas about decomposition, domestic garbage fate and recycling to the objectives of a constructivist learning environment in this context. *Review of science, mathematics and ITC education*, **3**(1), 99-121.
- Fourez, G. (2002). Les sciences dans l'enseignement secondaire. *Didaskalia*, **21**, 107-122.
- Girault, Y. & Sauvé, L. (2008). L'éducation scientifique, l'éducation à l'environnement et l'éducation pour le développement durable. *Aster*, **46**, 7-30.
- Gomes, J. & Fleer, M. (2017). The Development of Scientific Motive: How Preschool Science and Home Play Reciprocally Contribute to Science Learning. *Research in Science Education*, **49**(2), 613-634.
- Grancher, C., Lhoste, Y. & Schneeberger, P. (2015). Vers la caractérisation de processus d'acculturation scientifiques à l'école primaire. Analyse de situations en classe de CP portant sur la construction d'une conception scientifique du vivant. *Spirale, Suppl. E 55*, 139-164.
- Hellden, G. (1995). Environmental education and pupils' conceptions of matter. *Environmental Education Research*, **1**(3), 267-277.
- Kambouri, M. (2015). Investigating early years teachers' understanding and response to children's preconceptions. *European Early Childhood Education Research Journal*, **25**(3), 907-27.
- Kambouri-Danos, M., Ravanis, K., Jameau, A. & Boilevin, J.-M. (2019). Precursor Models and Early Years Science Learning: A Case Study Related to Water State Changes. *Early Childhood Education Journal*, **47**(4), 475-88.
- Karsenti, T. & Savoie-Zajc, L. (2000). *Introduction à la recherche en éducation*. Sherbrooke : Université de Sherbrooke, Faculté d'éducation, Éditions du CRP.
- Lange, J.-M. & Victor, P. (2006). Didactique curriculaire et « éducations à... la santé, l'environnement et au développement durable » : quelles questions, quels repères ? *Didaskalia*, **28**, 85-100.
- Lange, J.-M., Trouvé, A. & Victor, P. (2007) Expression d'une opinion raisonnée dans les éducations à...: quels indicateurs ? *Actualité de la Recherche en Éducation et Formation (AREF)*, Strasbourg.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2: ideas found in children aged 5-16 about the cycling of matter. International

- Journal of Science Education*, 18(1), 19-34.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette.
- Lhoste, Y., Peterfalvi, B. & Decussy, C. (2010). Expérience de la problématisation et obstacles chez des élèves de sixième. Recyclage de la matière organique dans le sol ? In : M. Fabre, A. Dias de Carvalho & Y. Lhoste (Eds.). *Expérience et problématisation en éducation. Aspects philosophiques, sociologiques et didactiques* Afrontamento. pp. 157-180.
- Martin, M., Williams, I.D & Clark, M. (2006). Social, cultural and structural influences on household waste recycling: a case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 48, 357-395.
- Musser, L. & Diamond, K. (1999). The children's attitudes toward the environment scale for preschool children. *The Journal of Environmental Education*, 30, 23-30.
- Orange, C. & Plé, E. (2000). Les sciences de 2 à 10 ans, l'entrée dans la culture scientifique. *Aster*, 31, 1-8.
- Orange, C & Orange-Ravachol, D. (2013). Le concept de représentations en didactique des sciences : sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. *Recherches en Éducation*, 17, 46-61.
- Palmer, J.A., Grodzinska-Jurczak, M. & Suggate, J. (2003). Thinking about waste: Development of English and Polish children's understanding of concepts related to waste management. *European Early Childhood Education Research Journal*, 11(2), 117-139.
- Peterfalvi, B. (2001). *Obstacles en situations didactiques en sciences : processus intellectuels et confrontations. L'exemple des transformations de la matière*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Éducation. Rouen : UFR Psychologie, Sociologie et Sciences de l'Éducation.
- Pramling Samuelsson, I. (2011). Why we should begin early with ESD: the role of early childhood education. *International Journal of Early Childhood*, 43, 103-118.
- Ravanis, K. (2010). Représentations, Modèles Précurseurs, Objectifs-Obstacles et Médiation-Tutelle : concepts-clés pour la construction des connaissances du monde physique à l'âge de 5-7 ans. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 5, 1-11.
- Ravanis, K. & Boilevin, J.-M. (2009). A comparative approach to the representation of light for five-, eight- and ten-year-old children: educational perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 8, 182-190.
- Rolland, A. & Marzin, P. (1996). Étude des critères du concept de vie et identification d'obstacles épistémologiques chez des élèves de sixième. *Didaskalia*, 9, 57-82.
- Simonneaux, J. (2011). Les controverses sur le développement durable à l'épreuve d'une perspective éducative. In : B. Bader & L. Sauvé (Eds.). *Éducation, environnement et développement durable : vers une écocitoyenneté critique*. Laval : Presse de l'Université de Laval.
- Vining, J. & Ebreo, A. (1992). Predicting recycling behavior from global and specific environmental attitudes and changes in recycling opportunities. *Journal of Applied Social Psychology*, 22(20), 1580-1607.
- Voisin, C. & Lhoste, Y. (2013). Dynamique de prise en charge des aides-obstacles dans la conception et mise en œuvre d'un projet d'enseignement-apprentissage de la biodiversité à l'école primaire. *Penser l'éducation*, Laboratoire CIVIIC, 541-558.

ANNEXES



Figure 1. : Composteur partagé à Rennes



Figure 2. : Entretiens individuels et supports



Figure 3. : Série de photos de composteurs

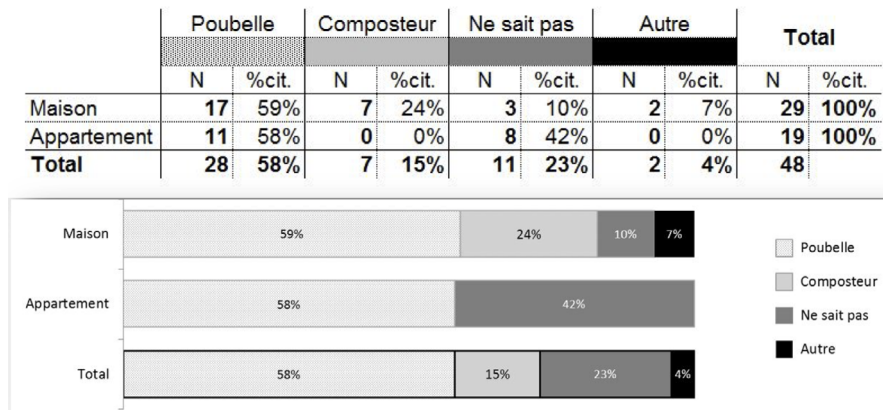


Figure 4. : Dénomination des objets présentés en photos, en fonction des lieux de résidence des enfants

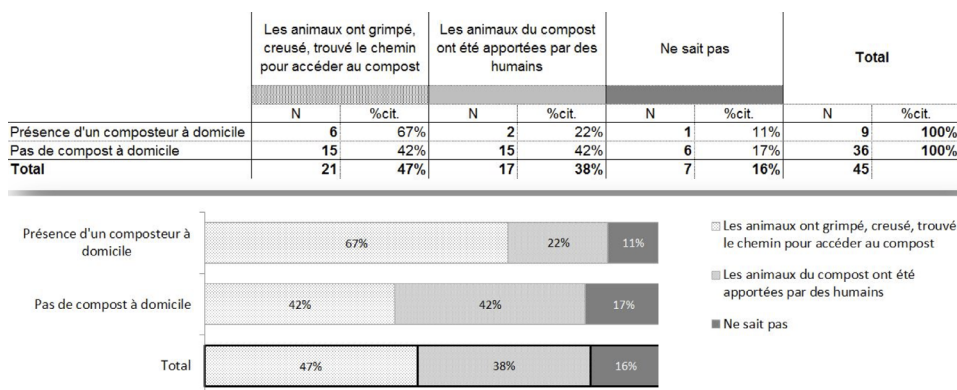


Figure 5. : Origine des animaux présents dans le composteur, en fonction de la présence (ou non) d'un composteur à domicile

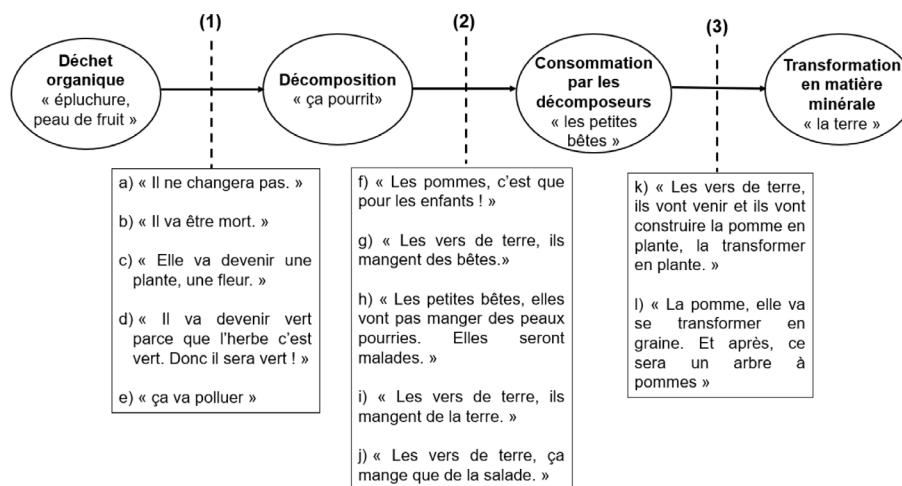


Figure 6. : Carte des idées et des ruptures de compréhension chez les élèves, sur la décomposition des déchets organiques dans le composteur

Les énoncés des élèves	... renvoient à des obstacles relevant de
a) Il ne changera pas	Réductionnisme du vivant
b) Il va être mort	Pensée catégorielle
c) Elle va devenir une plante, une fleur l) La pomme, elle va se transformer en graine. Et après, ce sera un arbre à pommes.	Transformisme généralisé
d) Il va devenir vert parce que l'herbe, c'est vert. Donc il sera vert !	Phénoménisme
e) Ça va polluer	Dévalorisation
f) Les pommes, c'est que pour les enfants !	Anthropomorphisme
h) Les petites bêtes, elles vont pas manger des peaux pourries. Elles seront malades !	Primat du perçu sur le conçu
k) Les vers de terre, ils vont venir et ils vont construire la pomme en plante, la transformer en plante.	Finalisme

Figure 7. : Énoncés des élèves et obstacles

CONSTRUCTION DE TEXTES BILANS PROBLÉMATISÉS PAR UNE ENSEIGNANTE DÉBUTANTE ÉTUDE D'UNE SÉANCE PORTANT SUR LA CIRCULATION SANGUINE

Hanaà Chalak¹

1 : Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN)

Résumé : Nous nous intéressons au problème de la construction des savoirs et des textes problématisés par les enseignants débutants. Après un dispositif didactique qui les confronte à cette problématique, les enseignants mettent en place des situations de classe pendant lesquelles ils essaient de construire des textes de savoirs problématisés, puis analysent leurs pratiques en formation. Nous étudions une séance menée par une enseignante débutante en classe de seconde, dans le domaine de la circulation sanguine. Nous analysons les textes produits avant et après la formation, ainsi que les productions écrites des élèves lors de la séance. Il apparaît que le passage d'une logique centrée sur la solution à une logique de problématisation permet à l'enseignante d'aller vers la construction d'un texte partiellement problématisé.

Mots-clés : enseignants débutants, texte de savoir, problématisation, circulation sanguine.

CONSTRUCTION OF PROBLEMATIZED TEXTS BY A NOVICE TEACHER STUDY OF A SESSION ON BLOOD CIRCULATION

Abstract : We are interested in the problem of the construction of knowledge and texts problematized by beginning teachers. After a didactic system that confronts them with this problem, teachers set up classroom situations during which they try to construct problematized knowledge texts and then analyse their training practices. We are studying a session led by a teacher in the second grade in the field of blood circulation. We analyze the texts produced before and after the training as well as the written productions of the students during the session. It appears that the transition from a solution-centred logic to a problematization logic allows the teacher to move towards the construction of a partially problematized text.

Keywords : beginning teacher, texts of knowledge, problématisation, blood circulation.

PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE ET CADRAGE THÉORIQUE

Les savoirs scientifiques, tels qu'ils sont pensés au sein du cadre théorique de la problématisation (Fabre, 2016 ; Orange, 2012), sont organisés autour de la construction de nécessités. Celles-ci sont toutes aussi importantes que les solutions, car elles permettent de savoir pourquoi telle solution a été retenue et pas une autre. Selon ce cadre, les textes de savoirs produits lors des séquences d'enseignement et d'apprentissage ne peuvent pas occulter les traces des raisons¹ et se doivent de les expliciter (Chalak, 2012a ; 2012b ; Orange, 2012). Or, les savoirs scolaires tels qu'ils sont construits à l'école sont « propositionnels » (Astolfi, 1992 ; 2005) et se limitent souvent à des propositions exposant des énoncés scientifiques non logiquement connectés. Ils sont réduits à de simples textes qui dévoilent les solutions et ignorent les problèmes et les raisons. Ainsi, la « mise en texte des savoirs »² à l'école rencontre des difficultés et ne s'oriente pas dans le sens d'une problématisation. Nos précédents travaux se sont penchés sur la question et ont permis d'avancer dans l'identification des difficultés et des conditions d'accès aux savoirs et aux textes problématisés à travers l'étude de séquences ordinaires³ et forcées⁴ d'enseignants expérimentés⁵ en sciences de la vie et de la Terre (Chalak, 2012a ; 2012b ; 2014). Nous souhaitons, dans cette communication et pour la première fois, nous intéresser aux pratiques des enseignants débutants en sciences de la vie et de la Terre (SVT), confrontés, dans le cadre de leur formation, à la problématique de la construction des textes problématisés. Nous analysons spécifiquement une séance mise en place par une enseignante stagiaire sur la circulation sanguine en classe de seconde, suite à des apports didactiques concernant la construction des textes de savoirs problématisés. Comment cette enseignante stagiaire a-t-elle compris ces apports ? Quels textes de savoirs a-t-elle construits à l'issue de ces apports ? Et avec quelles difficultés ? Dans ce qui suit, nous présentons notre méthodologie du recueil de données et l'analyse de notre corpus de recherche.

MÉTHODOLOGIE DE RECUEIL ET D'ANALYSE DES DONNÉES

PRÉSENTATION DU DISPOSITIF DE FORMATION INITIALE

Dans un premier temps, le problème de la mise en texte des savoirs problématisés est travaillé avec les enseignants stagiaires et des outils théoriques comme le losange de la problématisation⁶ (Fabre, 2016) sont présentés. Dans un deuxième temps, les enseignants stagiaires sont invités à mettre en place, dans la mesure du possible, des situations de classe pendant lesquelles ils tentent de construire des savoirs et des textes problématisés avec leurs élèves. Il s'agit ici

1 Pour Orange (2012, p.131), les raisons correspondent aux argumentations scientifiques qui délimitent le champ des possibles. « Ces raisons, peuvent notamment, être exprimées et thématiques sous forme de nécessités qui sont des conditions de possibilités des modèles explicatifs scientifiques ».

2 La mise en texte des savoirs peut être définie comme étant la production de textes écrits et oraux qui fondent les savoirs dans le but d'arriver à un texte commun.

3 Ces séquences sont entièrement préparées par l'enseignant sans aucune intervention des chercheurs.

4 Ces séquences sont préparées au fur et à mesure par une équipe de recherche composée d'enseignants et de didacticiens.

5 Les enseignants connaissaient bien le cadre théorique de la problématisation.

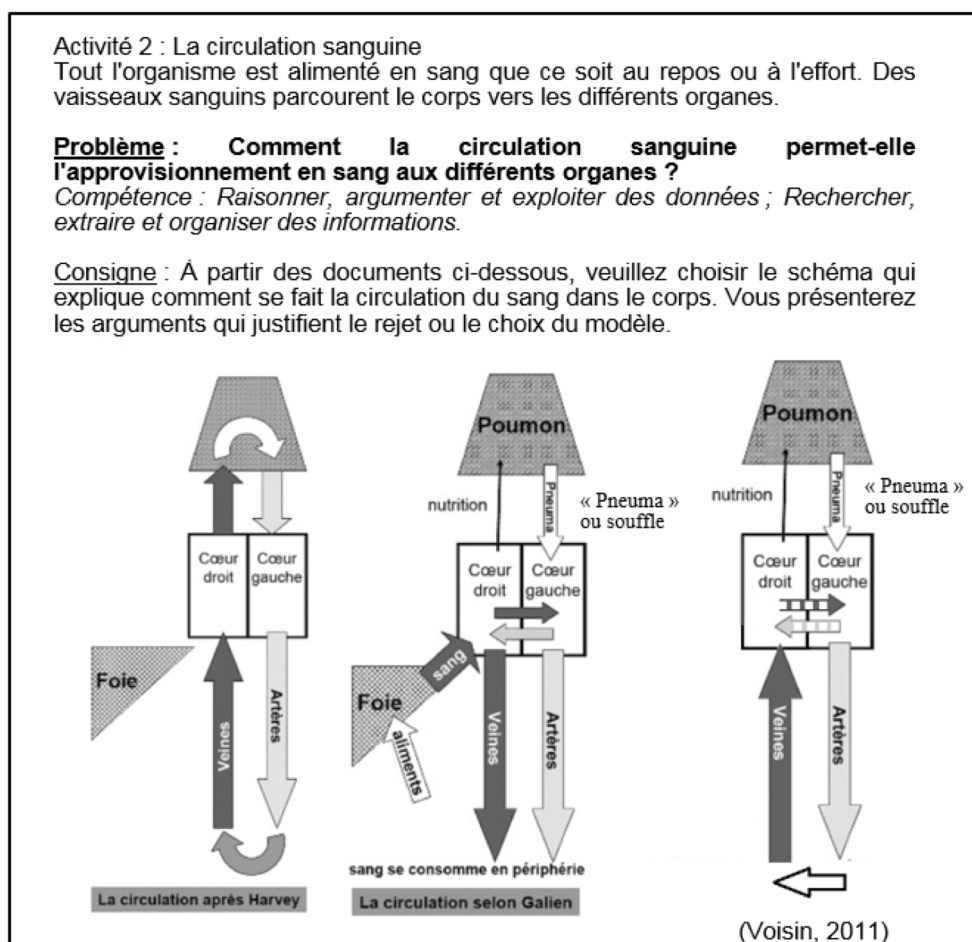
6 Cet outil permet de décrire l'activité de problématisation en repérant les données et les conditions du problème (ou nécessités) qui permettent d'aboutir à la solution et de justifier son choix.

de les pousser à mettre en oeuvre les apports didactiques et à aller au-delà de ce qu'ils font habituellement en classe. Ces situations sont ensuite analysées lors des séances d'analyse de pratiques en formation – à partir des enregistrements éventuels réalisés, des productions des élèves rapportées et des textes de savoirs construits – afin d'étudier les conditions et les difficultés rencontrées dans la construction de ces savoirs. Nous précisons que les données étudiées en formation, dépendent de celles récoltées par les stagiaires sur le terrain. Nous portons notre attention sur une séance qui porte sur la circulation sanguine.

PRÉSENTATION D'UNE SÉANCE MISE EN PLACE PAR UNE ENSEIGNANTE STAGIAIRE ET DES DONNÉES ÉTUDIÉES

Les élèves de seconde devaient répondre au problème suivant : « Comment la circulation sanguine permet-elle l'approvisionnement en sang aux différents organes ? »⁷. Pour ce faire, ils ont travaillé, par groupes de trois à cinq, sur une activité qui présente trois modèles de la circulation sanguine construits dans l'histoire des sciences, dont les modèles de Harvey et de Galien (figure 1.). Les élèves devaient choisir en groupe (4 groupes) le modèle qui pourrait fonctionner selon eux et noter les arguments justifiant leur choix.

Figure 1. : Activité proposée aux élèves de seconde par l'enseignante débutante concernant la



circulation sanguine.

⁷ Les programmes en vigueur en classe de seconde étaient ceux du B.O. n°4 du 29 avril 2010.

Les élèves avaient déjà réalisé une dissection du cœur pour déterminer sa structure ce qui, pour l'enseignante, allait les aider à choisir entre les modèles. En effet, la dissection conduit les élèves à repérer le cloisonnement des deux parties du cœur. Le sang circule donc dans un sens unique et non pas entre les deux ventricules, ce qui leur permet d'identifier l'impossibilité de fonctionnement du 2ème et du 3ème modèle (figure 2.). Cette impossibilité peut conduire à la construction de la nécessité d'un retour sanguin vers le cœur à partir des organes et d'un passage par les poumons pour que le sang puisse se charger en dioxygène avant de rejoindre le cœur gauche. La nécessité d'un retour sanguin aboutit à l'impossibilité de la consommation du sang en périphérie dans le modèle de Galien et de sa fabrication à partir des aliments. Toutefois, la construction de la nécessité d'une distribution par circulation ne nous semble pas évidente à partir de l'analyse des documents. Elle dépend des échanges et discussions menées dans les groupes d'élèves et avec le groupe classe par la suite (flèches en pointillé). Elle peut être construite à partir de la nécessité d'un retour sanguin et de l'impossibilité d'une distribution par irrigation. La figure 2. ci-dessous résume les impossibilités et les nécessités qui peuvent être construites à partir de la situation didactique proposée.

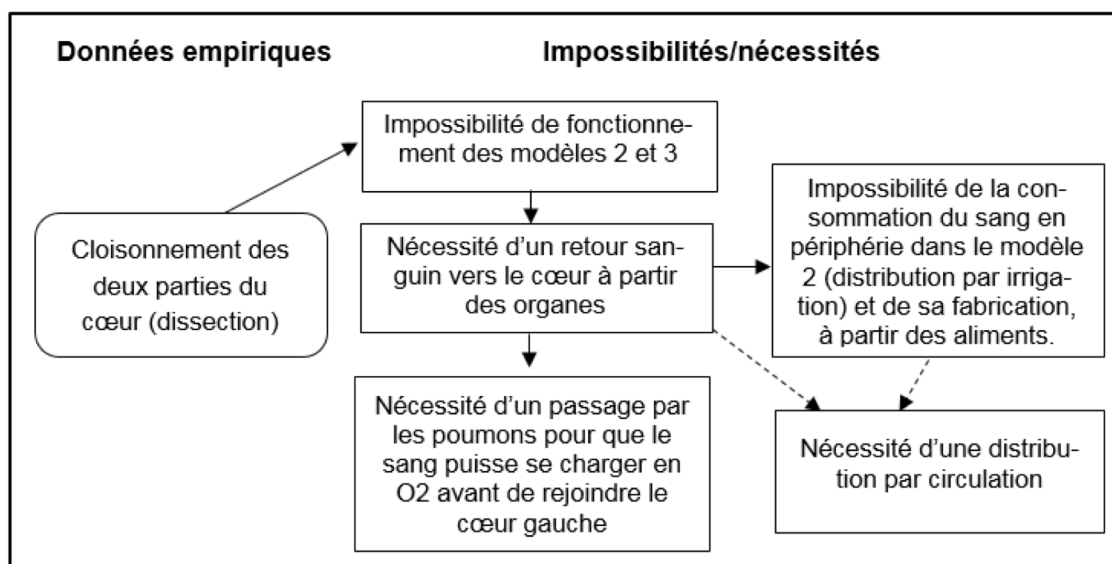


Figure 2. : Les impossibilités et nécessités qui peuvent être construites à partir de la situation didactique proposée par l'enseignante débutante.

Le travail de groupe a été suivi d'une restitution collective qui a permis à la classe de valider le bon modèle. Suite à cette phase, l'enseignante a distribué un bilan problématisé de l'activité pour qu'il soit lu en classe entière. Nous signalons que l'activité était, à la base, prévue par l'enseignante bien avant les apports en formation. Les modifications qu'elle a apportées concernent le texte de savoir distribué aux élèves.

Notre corpus de données comprend les textes de savoirs finaux de l'activité prévus par l'enseignante avant et après la séance de formation et les productions de groupe des élèves (4 groupes). Pour répondre à notre problématique, nous comparons le texte de savoir prévu par l'enseignante avant la formation didactique à celui produit et mis en place après celle-ci afin de repérer les modifications apportées par l'enseignante stagiaire. De plus, nous analysons les productions des élèves pour étudier l'articulation entre leurs écrits et le texte de savoir distribué au terme de la séance. Nous nous intéressons au contenu de l'ensemble de ces écrits, de

manière à voir s'ils portent d'éventuelles traces de problématisation ou bien s'ils se limitent à l'exposition des solutions sous une forme propositionnelle. Il s'agit donc d'une étude de cas qui ne prétend pas étudier de manière exhaustive les pratiques des enseignants débutants.

ANALYSE DES DONNÉES

ÉTUDE DU TEXTE DE SAVOIR FINAL PRÉVU PAR L'ENSEIGNANTE DÉBUTANTE AVANT ET

APRÈS LA SÉANCE DE FORMATION

Le problème initial posé cherche, à priori, à expliquer le fonctionnement de la circulation sanguine pour permettre d'approvisionner en sang les différents organes. Ce problème peut être qualifié d'explicatif au sens d'Orange (2012). Il s'agit effectivement d'expliquer un fonctionnement physiologique et de ne pas se contenter d'une description des organes ou du trajet sanguin. Cependant, le problème évoque la fonction de la circulation qui concerne « l'approvisionnement en sang aux différents organes », sans préciser les éléments transportés par le sang (les nutriments et le dioxygène) nécessaires au fonctionnement des organes. Pour répondre à ce problème, l'activité (figure 1.) propose aux élèves de travailler sur des modèles historiques et de choisir celui qui leur semble fonctionner en justifiant leur choix. Nous pouvons ainsi identifier un décalage entre le problème posé qui s'arrête à l'approvisionnement en sang des organes et les modèles étudiés qui envisagent la circulation sanguine dans sa globalité. Cela dit, la situation proposée est favorable à la problématisation, car elle sollicite les argumentations écrites des élèves. De notre point de vue, cela pourrait aider l'enseignante à aller vers la construction de textes problématisés.

Par ailleurs, lorsque nous comparons le problème initial au bilan final construit par l'enseignante débutante avant la formation (figure 3.), nous remarquons que ce dernier est principalement descriptif. En effet, il décrit ce qui se passe au niveau des deux circulations sanguines et présente leur disposition, ainsi que celle des organes au niveau de la circulation générale. Toutefois, le bilan final change aussi d'objet : « l'approvisionnement en sang aux différents organes » mentionné dans la problématique, n'est pas repris dans l'écrit qui évoque plutôt la « propulsion du sang dans tout le corps ». De plus, ce texte n'évoque pas le retour sanguin vers le cœur à partir des organes, nécessaire pour le fonctionnement de la circulation et ne précise pas de façon explicite pourquoi le système circulatoire est clos et en quoi l'organisation présentée permet d'expliquer les variations des apports sanguins en fonction des besoins lors d'un effort. Ainsi, nous repérons un décalage entre le problème explicatif de départ et le texte produit que nous pouvons qualifier de propositionnel, descriptif et non problématisé. Son but principal est de présenter, dans une logique du vrai et du faux, le système circulatoire ainsi que le trajet sanguin. Le texte se focalise sur les solutions et n'explique en aucun cas les raisons permettant de savoir pourquoi tel modèle de la circulation a été retenu et pas un autre.

Texte prévu par l'enseignante débutante avant la formation	Texte construit par l'enseignante débutante et distribué aux élèves après la formation
<p>Le système circulatoire est un système clos que l'on peut diviser en 2 parties : la circulation pulmonaire et la circulation générale. C'est la double circulation.</p> <p><i>Au niveau des poumons, le sang se libère du CO₂ et se charge en O₂ c'est la circulation pulmonaire. Le sang rejoint ensuite l'oreillette gauche puis le ventricule gauche afin d'être propulsé dans tout le corps c'est la circulation générale.</i> Ces deux boucles sont disposées en série avec le cœur au milieu. Dans la circulation générale, les organes sont disposés en dérivation. Cela explique les variations des apports sanguins lors d'un effort en fonction des besoins.</p>	<p><i>C'est au 17ème siècle qu'a eu lieu la découverte de la circulation sanguine. Le modèle ayant été retenu est la double circulation. En effet, le cœur est cloisonné donc le sang ne peut pas passer d'un ventricule à l'autre et il ne peut pas être fabriqué à partir des aliments au fur et à mesure à cause d'un débit sanguin trop important.</i></p> <p>Le système circulatoire est donc un système clos que l'on peut diviser en 2 parties : la circulation pulmonaire et la circulation générale.</p> <p>Ces deux boucles sont disposées en série avec le cœur au milieu. Dans la circulation générale, les organes sont disposés en dérivation. Cela explique les variations des apports sanguins lors d'un effort en fonction des besoins.</p>

Figure 3. : Texte de savoir prévu par l'enseignante avant et après les apports didactiques en formation (nous avons surligné, en gris et en italique, les différences entre les deux textes).

Le texte de savoir retravaillé après la séance de formation (figure 3.) présente des similitudes, mais aussi des différences avec le texte initial. Cette deuxième version définit toujours le système circulatoire comme étant clos divisé en deux parties disposées différemment : les circulations pulmonaire et générale. Cependant, les deux phrases qui détaillent les échanges gazeux au niveau du sang qui arrive aux poumons puis sa distribution à partir du cœur vers les organes, ont été supprimées. Elles ont été remplacées par un paragraphe qui stipule que le modèle de la double circulation a été retenu au 17ème siècle : le cœur est effectivement cloisonné et le sang ne peut donc pas circuler entre les deux ventricules et ne peut pas être fabriqué à partir des aliments à cause d'un débit très important. Ces arguments viennent rejeter les deux modèles 2 et 3 et justifier le modèle 1 de Harvey. Nous voyons en cela, et uniquement dans la première partie du bilan, une tentative de la part de la stagiaire, de problématiser le texte du savoir en lien avec l'activité travaillée. Toutefois, nous signalons que le choix du modèle de la double circulation de Harvey doit être davantage argumenté. Il est en effet impossible que le sang puisse circuler entre les deux ventricules, mais il est aussi nécessaire qu'il puisse se charger en oxygène au niveau des poumons avant de rejoindre le cœur gauche. D'autre part, l'impossibilité de la consommation du sang en périphérie dans le modèle de Galien et la nécessité du retour sanguin vers le cœur à partir des organes, ne sont pas évoquées (figure 2.). Il s'agit donc, pour nous, d'un bilan en partie problématisé.

Si nous nous focalisons sur les relations entre l'activité (figure 1.) et le texte de savoir (figure 3.), nous pouvons remarquer qu'elle permet aux élèves de choisir le modèle de fonctionnement de la circulation sanguine, mais ne leur permet pas de travailler explicitement sur la disposition des deux circulations et des organes, au niveau de la circulation générale. Ainsi, le texte de savoir final apporte des précisions supplémentaires qui ne peuvent pas être travaillées à travers l'activité.

ÉTUDE DES PRODUCTIONS DE GROUPE DES ÉLÈVES

L'étude des productions des quatre groupes d'élèves (positionnement par rapport aux modèles et argumentations avancées) montre que les argumentations étaient diverses (tableau 1. ci-dessous)⁸.

Les élèves étaient en majorité pour le modèle de Harvey (trois groupes « pour » sur quatre). Le premier groupe procède par élimination et le choisit car les autres ne fonctionnent pas. Le troisième groupe avance que, dans ce modèle, les veines remontent vers le cœur droit et, contrairement aux autres, le sang ne circule pas entre le cœur droit et gauche. Le quatrième groupe reprend les mêmes arguments concernant la communication entre les deux parties du cœur. Par contre, ce modèle ne fonctionne pas pour le deuxième groupe, car le sang circule plutôt en périphérie et non pas dans les poumons comme le montre le schéma.

L'ensemble des élèves se sont prononcés contre le fonctionnement du modèle de Galien pour plusieurs raisons liées à la circulation du sang dans les veines qui doivent retourner vers le cœur droit alors que le schéma ne montre pas ce retour. En revanche, le foie ne produit pas de sang à partir des aliments digérés et le sang n'est pas consommé par le corps ; il est recyclé et remplacé selon le deuxième groupe.

Les élèves rejettent en majorité le troisième modèle (trois groupes « contre »), car les ventricules droit et gauche ne communiquent pas comme le montre le schéma. Le deuxième groupe favorable à ce modèle avance que le sang passe bien en périphérie au niveau des poumons. En outre, il fait un tour complet dans le corps et le foie n'intervient pas.

	Modèle 1 (Harvey)	Modèle 2 (Galien)	Modèle 3
G1	Par élimination, c'est le premier schéma.	Ce n'est pas ce schéma, car le sang arrive avec les veines et repart avec les artères.	Ce n'est pas ce schéma, car le cœur est cloisonné : c droit et c gauche ne communiquent pas.
G2	Le sang ne passe pas dans le poumon en périphérie.	Le foie ne produit pas de sang à partir des aliments digérés. Le sang n'est pas consommé par le corps, il est recyclé, remplacé.	Bon modèle. Le sang passe en périphérie dans les poumons Le sang n'est pas consommé, le foie n'intervient pas Le sang fait un tour complet du corps.
G3	Oui car il n'y a pas du sang qui circule entre le cœur droit et gauche et les veines remonte vers le cœur droit.	Non, car les veines doit remonter vers le cœur droit.	Non, car entre le cœur droit et le gauche il y a une cloison donc le sang ne peut pas circuler entre les deux cœur.
G4	Le schéma correcte est celui de Harvey, car dans les schémas 2 et 3 le sang communique entre les deux cœurs or nous avons appris le contraire. Dans le second schéma, le sang passe par le foie se qui est faux. Pour le schéma deux, le sang qui part du cœur vers le reste du corps se déplace dans les veines et les artères, ce qui est erroné.		
Total	« pour » : 3 groupes « contre » : 1 groupe	« contre » : 4 groupes	« pour » : 1 groupe « contre » : 3 groupes

Tableau 1. : Récapitulatif des arguments des groupes d'élèves et de leur positionnement par rapport aux trois modèles.

⁸ Nous avons repris, dans ce tableau, les arguments tels qu'ils ont été écrits par les élèves sans correction orthographique.

Lorsque nous comparons ces arguments à ceux retenus par l'enseignante dans le bilan final déjà étudié (figure 3.), nous pouvons remarquer qu'elle en a retenu ce qui concerne l'impossibilité de la communication entre les deux ventricules et de la fabrication du sang à partir des aliments (G1 modèle 3 ; G2 modèle 2 ; G3 modèle 1 et 3 et G4). L'impossibilité de la consommation du sang en périphérie (G2 modèle 2 et 3) et la nécessité du retour sanguin des organes vers le cœur par les veines (G1 modèle 2 et G3 modèle 2) n'ont pas été prises en compte par l'enseignante dans le bilan final. Elles auraient pu appuyer davantage le modèle retenu (de Harvey). Cela peut, en partie, s'expliquer par le fait que le contenu de la trace écrite était anticipé par l'enseignante, ce qui ne lui a pas permis de retenir les argumentations avancées par les élèves suite à l'exploitation des documents. Nous pensons également que le choix des arguments à intégrer dans le bilan a été difficile pour elle. Par ailleurs, nous ne disposons pas, pour le cas étudié, des échanges oraux lors de la mise en commun des groupes d'élèves, qui auraient permis de comprendre comment le choix du premier modèle a été validé.

CONCLUSION

Cette étude montre que la construction d'un texte généralisé et problématisé, à partir des situations habituelles mises en place par les enseignants, n'est pas si simple. Dans le cas étudié, cette construction n'est pas intégrale et le bilan garde une part de propositionnalisme. L'enseignante stagiaire a pu y arriver, mais pas complètement. Par ailleurs, nous pensons que la mobilisation à priori d'outils théoriques, comme le losange de la problématisation (Fabre, 2016), présentés en formation, pourrait aider les enseignants à travailler les problèmes et à identifier ce qu'il est nécessaire de retenir dans le texte de savoir final. En effet, cet outil décrit l'activité de problématisation en mettant en valeur, non seulement le problème et sa solution, mais aussi les données et les conditions (ou nécessités) sous-jacentes. L'analyse menée peut être prolongée avec l'étude des transcriptions de la séance d'analyse de pratiques afin de mieux comprendre les choix effectués et ce qui pourrait préoccuper les enseignants débutants concernant la problématique de la mise en texte problématisée des savoirs.

BIBLIOGRAPHIE

- Astolfi, J.-P. (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF.
- Astolfi, J.-P. (2005). Problèmes scientifiques et pratiques de formation. In O. Maulini & C. Montandon, *Les formes de l'éducation : Variété et variations* (p. 65).
- Chalak, H. (2012a). *Conditions didactiques et difficultés de construction de savoirs problématisés en sciences de la Terre : Étude de la mise en texte des savoirs et des pratiques enseignantes dans des séquences ordinaires et forcées concernant le magmatisme (collège et lycée)*. Thèse de doctorat. Université de Nantes.
- Chalak, H. (2012b). Problématisation et construction de textes de savoirs dans le domaine du magmatisme au collège. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 6, 119-160.
- Chalak, H. (2014). Difficultés de construction de savoirs et de textes problématisés en sciences de la Terre et pratiques enseignantes : Étude d'une séquence ordinaire portant sur le magmatisme. *Éducation et didactique*, 8(3), 55-80.
- Fabre, M. (2016). *Le sens du problème problématiser à l'école ?* Louvain-la-Neuve : De Boeck.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences : Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.

Voisin, M. (2011). *William Harvey et la circulation sanguine*, Académie des Sciences et Lettres de Montpellier,
https://www.ac-sciences-lettres-montpellier.fr/academie_edition/fichiers_conf/VOISIN2011.pdf
(consulté le 07/04/2019).

DE L'UTILISATION DES DOCUMENTS DANS UNE RÉOLUTION DE PROBLÈME

ÉTUDE DE CAS : LE PRINCIPE D'INERTIE

DANS UNE CLASSE DE SECONDE GÉNÉRALE

Coralie DERRADJ¹, Karine BECU-ROBINAULT¹

1 : UMR ICAR, ENS de Lyon, karine.robinault@ens-lyon.fr

Résumé : Dans le cadre d'un projet collaboratif de recherche, nous avons réalisé une étude de cas pour étudier les activités de résolution de problèmes proposées par deux enseignants. Si la description de la situation ainsi que les objectifs d'enseignement étaient similaires pour les deux enseignants, les documents associés différaient. Nous proposons de mettre en évidence en quoi certaines caractéristiques de ces documents influencent les activités de modélisation. Nous avons analysé les transcriptions de vidéo d'un groupe de quatre élèves dans chacune des classes à partir de la TACD, des logiques argumentatives et des activités de modélisations. Les résultats de notre étude mettent en évidence que les doubles activités de modélisation constituent un obstacle pour les élèves. Pour aider les élèves, les documents doivent proposer des modèles ou des situations facilement décontextualisables. La présentation de deux représentations possibles d'un modèle dans deux documents différents, oriente vers le choix et non la comparaison de ces représentations du mouvement, lors de leur mise à l'épreuve avec la situation.

Mots-clés : résolution de problème, TACD, argumentation, modélisation

USING DOCUMENTS IN PROBLEM SOLVING

CASE STUDY: THE PRINCIPLE OF INERTIA IN A 10TH GRADE CLASS

Abstract : As part of a collaborative research project, we conducted a case study to analyse the problem-solving activities proposed by two teachers. While the description of the situation and the teaching objectives were similar for both teachers, the associated documents differed. We propose to highlight how certain characteristics of these documents influence the modelling activities. We analyzed video transcripts of a group of four students in each class, using TACD, argumentative logic and modelling activities. The results of our study show that double modeling activities that are an obstacle for students. To help students, the documents should propose models or situations that can easily be decontextualized. The presentation of two possible representations in two different documents favours the choice and not the comparison of modeling activities when testing with the situation.

Keywords : problem-solving, TACD, argumentation, modeling

INTRODUCTIO

La résolution de problème en physique est une modalité d'enseignement qui implique un travail en petits groupes d'élèves sans imposer une démarche pour l'obtention d'une solution. Les instructions officielles (BO spécial du 22 janvier 2019) encouragent le recours ponctuel à ce type d'activité afin d'aider à l'appropriation de la démarche de modélisation, centrale dans les programmes de Physique Chimie. Cette démarche incite les élèves à établir des liens entre les objets et phénomènes étudiés et les modèles et théories mobilisés. Ces injonctions font écho à des résultats de recherche en didactique qui montrent que cette modalité favorise la construction de connaissances (Boilevin, 2013), ainsi que les activités de modélisation (Tiberghien, 1994). Dans cette perspective, nous avons élaboré un projet collaboratif de recherche offrant l'opportunité de combiner diverses approches théoriques et visant à développer des séances de résolutions de problèmes avec des enseignants puis à analyser leur mise en œuvre en classe (Derradj et al., 2018). Dans cette étude de cas, nous souhaitons mettre en évidence des caractéristiques d'une séance de résolution de problème favorisant les activités de modélisation des élèves à partir d'une situation proposant un problème identique, mais pour laquelle les enseignants avaient opéré des choix différents concernant les documents associés.

CONTEXTE

Les séances de résolution de problème conçues et analysées au sein du projet se devaient de favoriser les activités de modélisation, à savoir la mise en relation des modèles et théories connus ou issus des documents et la description de la situation en termes d'objets et d'évènements (Bécu-Robinault, 2004). Sur la base de cette contrainte, nous avons proposé à deux enseignants (Léo et Léa) de concevoir, en collaboration avec les chercheurs, une résolution de problème pour introduire le principe d'inertie en classe de seconde. Le texte introductif élaboré à destination des élèves, commun aux deux enseignants, était le suivant : « James Bond poursuit le Chiffre... Il doit absolument arrêter les actions du malfaiteur qui se trouve actuellement à bord d'un bateau. 007 s'est procuré un hélicoptère qui vole actuellement au-dessus du bateau. James se prépare à sauter sur le bateau. Décrire les manœuvres à effectuer par le pilote de l'hélicoptère pour que James Bond saute à coup sûr sur le bateau ».

Pour Léa, le principe d'inertie repose principalement sur l'équivalence entre le mouvement rectiligne uniforme et l'immobilité selon le référentiel d'étude : les forces qui s'exercent sur un corps immobile se compensent, donc les forces qui s'exercent sur un corps en mouvement rectiligne uniforme se compensent. Elle a proposé deux documents pour aider à la modélisation de la situation, décrivant des chutes libres dans deux référentiels qui peuvent être utilisés indifféremment pour résoudre le problème (figure 1.). Le premier présente la chronophotographie d'un chat en chute libre sans vitesse initiale, accompagné d'un texte qui précise que la situation est dans le référentiel terrestre. Le deuxième présente la chronophotographie d'une balle lâchée par un cycliste avec une vitesse initiale, toujours dans le référentiel terrestre. L'hypothèse de Léa était que les élèves imagineraient le mouvement de la balle comme identique à celui du chat de la première chronophotographie, s'ils l'envisageaient dans le référentiel du cycliste.



Figure 1. : les documents fournis par Léa

Pour Léo, la compréhension du principe d'inertie passe par la prise en compte de la vitesse initiale (l'inertie) des objets considérés. La définition du principe d'inertie donnée aux élèves suite à cette résolution de problème est « tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme à moins que quelque force n'agisse sur lui ». Il superpose sur un seul document (figure 2.) deux chronophotographies représentant les mouvements de deux balles avec deux vitesses initiales différentes. La légende précise que la première (trajectoire rectiligne) est sans vitesse initiale et la deuxième (trajectoire parabolique) est avec vitesse initiale.

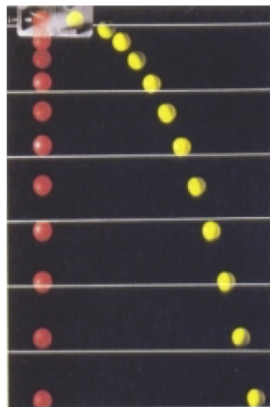


Figure 2. : Le document fourni par Léo

Malgré ces différences dans le choix des documents, les cheminements possibles et attendus par les deux enseignants, ainsi que la solution du problème étaient communs (figure 3. et 4.). Toutefois, pour Léa, la formulation de la solution devait introduire l'idée d'équivalence entre l'immobilité et le mouvement rectiligne uniforme en se focalisant sur la relativité des trajectoires selon le référentiel, tandis que pour Léo elle devait introduire la notion d'inertie à travers les conditions initiales liées à la vitesse du mouvement. Les informations à prélever dans les documents (en gras, dans les figures 3. et 4.) et à utiliser pour aboutir à la solution n'étaient donc pas identiques.

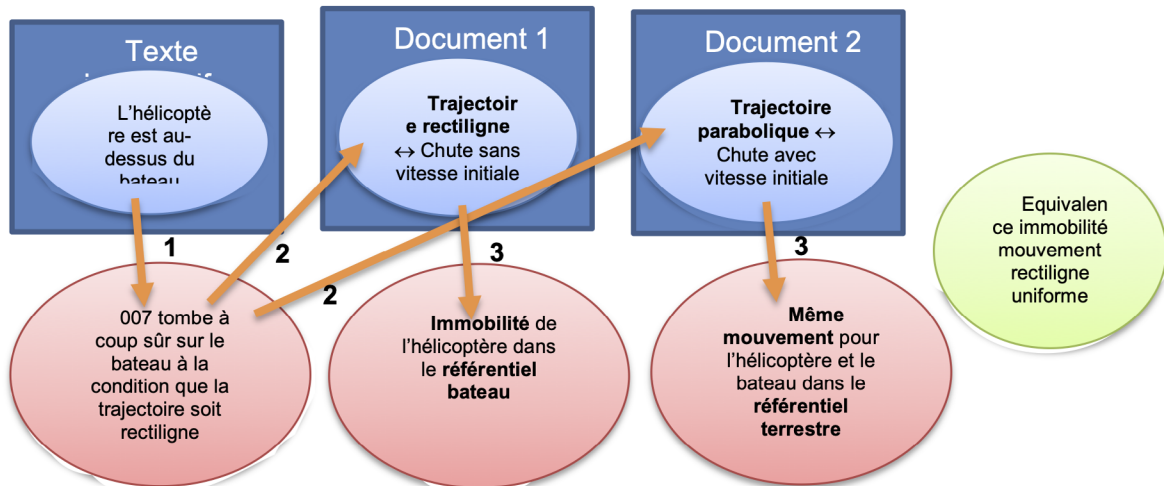


Figure 3. : Les cheminements possibles au cours de la résolution de problème dans la séance de Léa.

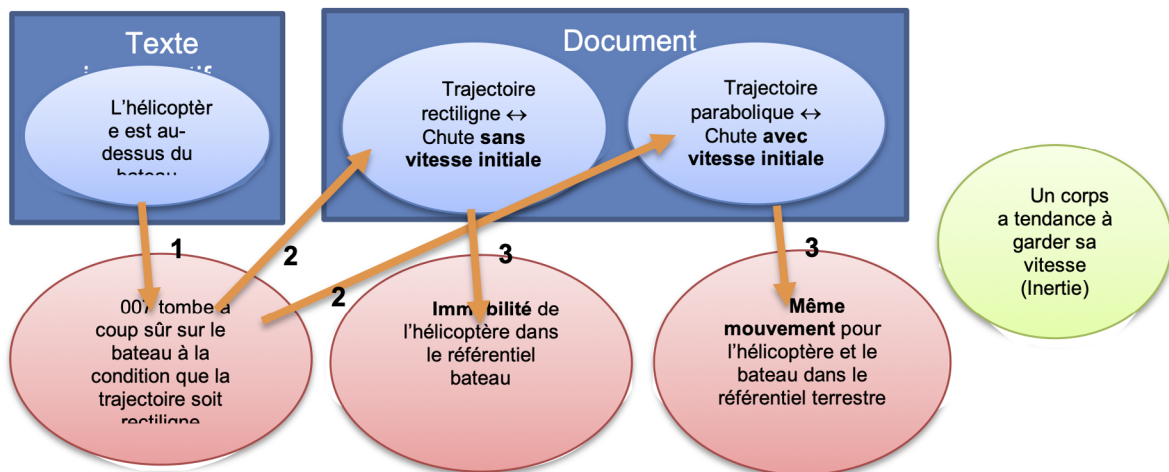
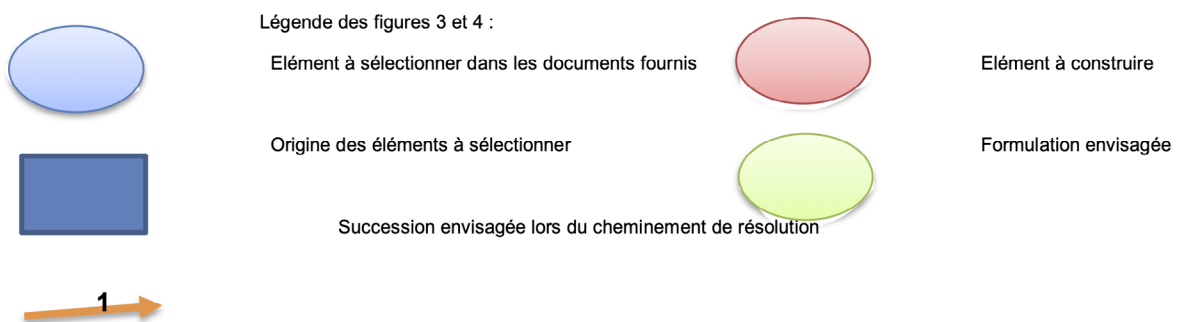


Figure 4. : Les cheminements possibles au cours de la résolution de problème dans la séance de Léo.



CADRE THÉORIQUE

Pour décrire le cheminement effectivement suivi par les élèves au cours de la résolution du problème, nous avons choisi la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) (Sensevy, 2011). Cette approche permet de situer les actions des élèves par rapport aux attentes des enseignants, en prenant en considération des aspects liés au milieu et au contrat. L'action didactique est modélisée à l'aide de la notion de jeu, qui peut être un jeu d'apprentissage s'il mobilise un savoir ou un jeu épistémique en référence aux pratiques sociales. Les jeux se construisent sur un fond commun dont la signification est liée au milieu et au contrat didactique. La description des interactions en jeux didactiques permet de décrire l'activité et d'accéder au sens de l'action pour les élèves.

Pour résoudre un problème en groupe, les élèves doivent trouver des consensus. Pour les mettre en évidence, nous complétons cette analyse avec des descripteurs liés à l'argumentation. Les descripteurs choisis, liés au modèle de Toulmin (Plantin, 2005), donnent accès aux logiques argumentatives mobilisées par les élèves pour affirmer ou infirmer leurs choix. En effet, la structure de l'argumentation dans ce modèle se base sur des données, des garanties et des fondements pour aboutir à une conclusion. Les données sont les informations qui sont, dans notre cas, fournies par le milieu, à savoir les consignes et les documents complémentaires ; par exemple, « l'hélicoptère vole au-dessus du bateau » est une donnée fournie par le texte introductif. Les garanties (ou lois de passage) sont les justifications qui autorisent une validation. Ces garanties sont des liens logiques établis, souvent implicitement, entre l'idée avancée dans l'argumentation (la conclusion) et les données. Par exemple, la trajectoire de James Bond doit être rectiligne dans le référentiel du bateau. Les fondements sont les connaissances ou les éléments de modèles fournis dans les documents ; par exemple, la trajectoire rectiligne implique une vitesse initiale nulle. Ces fondements viennent étayer scientifiquement un argument pour aboutir à une conclusion qui pourrait être ici : James Bond doit sauter sans vitesse initiale de l'hélicoptère dans le référentiel bateau ; pour cela l'hélicoptère doit avoir le même mouvement que le bateau. Ce modèle de l'argumentation a été choisi car il autorise la confrontation de points de vue entre les membres du groupe. Dans notre recherche, il est mobilisé pour caractériser les jeux liés à la recherche de consensus.

Enfin, nous avons mobilisé le cadre de la modélisation, déjà convoqué lors de la conception de la séance. Lors de l'analyse des interactions, il informe sur les conditions et les obstacles à l'avancée des savoirs dans le groupe du point de vue des objets, événements ou modèles mobilisés. En effet, donner du sens à un concept implique de mettre en relation le modèle, au sein duquel ce concept s'articule avec d'autres concepts pour constituer un corps de connaissances scientifiques cohérent avec la description de la situation en termes d'objets et d'événements (Tiberghien, 1994 ; Bécu-Robinault, 2004). Le monde des objets et des événements est principalement constitué des descriptions qualitatives ou quantitatives du monde réel, celui des modèles et des théories comprend les concepts, les relations entre grandeurs, les principes de la physique.

Sur la base de ces éléments théoriques, nous souhaitons mettre en évidence comment les caractéristiques des documents complémentaires fournis par les deux enseignants influencent la démarche de résolution de problème, leur rôle lors de la recherche d'un consensus et leur fonction dans la modélisation de la situation.

MÉTHODOLOGIE

Nous avons fait le choix de conduire deux études de cas afin de pouvoir analyser finement le contenu des interactions entre les élèves au fil de la résolution du problème. Nous nous sommes focalisées sur les activités de résolution du problème par un groupe d'élèves (4 filles) de la classe de Léa (Groupe 1) et d'un groupe d'élèves (2 filles, 2 garçons) de la classe de Léo (Groupe 2). Les analyses ont été conduites sur un corpus comprenant la transcription des données vidéo et audio relatives aux échanges au sein de ces deux groupes ainsi que leurs productions écrites. Trois analyses successives ont été conduites : la première en lien avec les descripteurs de la TACD, la deuxième concerne les moments d'argumentation lors de la recherche de consensus et la troisième traite des activités de modélisation.

ANALYSE

Dans un premier temps, nous avons procédé à un découpage en jeux caractérisés par un enjeu, un milieu, un but et un gain. Ces jeux ont ensuite été regroupés en thèmes permettant une analyse des activités des élèves. Afin d'illustrer les analyses conduites sur l'ensemble des transcriptions, nous présentons un exemple de découpage des transactions en jeux au sein du groupe 1 pour le thème : « Tester la validité du document 1 par rapport à la situation » (figure 5.).

Thème	Jeu	N°	Elève	Transcription
Tester la validité du document 1 par rapport à la situation	Mettre en évidence un élément pour tester la validité du document 1	13	E4	Ah ok pardon mais euh et du coup euh le référentiel terrestre la mer c'est la même chose ?
			E2	Ben de façon c'est sur la terre donc je pense que oui
			E3	Ouais
			E4	Ouais mais c'est pas les mêmes mouvements parce que la mer la terre c'est une enfin c'est en soi c'est immobile alors que la mer euh
			E3	Non mais c'est la même chose
			E2	Moi je crois que c'est la même chose
			E1	Ben non c'est pas la même chose hein
			E2	Ben alors ça serait le terra euh
			E1	D'eau à la fin
	Rechercher le référentiel associé à la situation avec le professeur	14	E4	Bah on va lui demander madame ?
			E2	Le truc euh mer marine mari maritime ?
			E4	Est-ce que pour euh comme le bateau est dans la mer c'est la même c'est la même chose qu'un référentiel terrestre comme ?
			Prof	Alors il faut que vous essayiez de repenser à la définition du référentiel terrestre qu'est-ce que c'est que le référentiel terrestre ?
			E2	Bah c'est en fonction de la terre
			Prof	Ce serait une caméra qui serait ?
			E1	Sur la terre
			E2	Bah sur la terre
			Prof	Sur la terre oui mais comment sur la terre ?
			E1	Posée sur le sol
			E4	Immobile
			Prof	Posée sur le sol immobile du coup est-ce que le bateau est dans ce cas là ?
			E3	Non
			E4	Ben pas vraiment non mais y
			E1	Non mais y'a en plus il est en mouvement le bateau
	Prof	Donc vous répondez vous-mêmes à votre question		
	Conclure quant à la validité du document 1	15	E4	Ben c'est ben euh attends il doit absolument arrêter les actions du malfaiteur qui se trouve actuellement à bord d'un bateau il s'est pro ah oui parce que le ba parce que le bateau il est en mouvement et
			E3	Bah oui
			E1	Le bateau il avance ouais
			E4	Ah ouais c'est ouais c'est ça en fait ça ça nous sert à rien puisque le chat il est sans vitesse initiale sur un référentiel terrestre donc en fait ça euh je sais pas pourquoi ils nous

Figure 5. : Exemple de découpage en jeux d'un extrait de transcription du groupe de la classe de Léa.

Au cours du jeu n°13, les élèves questionnent la validité du document 1. : elles s’interrogent sur l’utilisation du référentiel terrestre mentionné dans ce premier document pour décrire la situation qui se déroule dans la mer. Dans le jeu n° 14, elles sollicitent leur professeur pour les aider à répondre à cette question. Le jeu n° 15 se conclut par la non validité du document 1. Nous avons eu recours à l’analyse de leur argumentation dans le jeu n°15 (figure 6.) pour comprendre la logique argumentative sous-jacente à ce consensus.

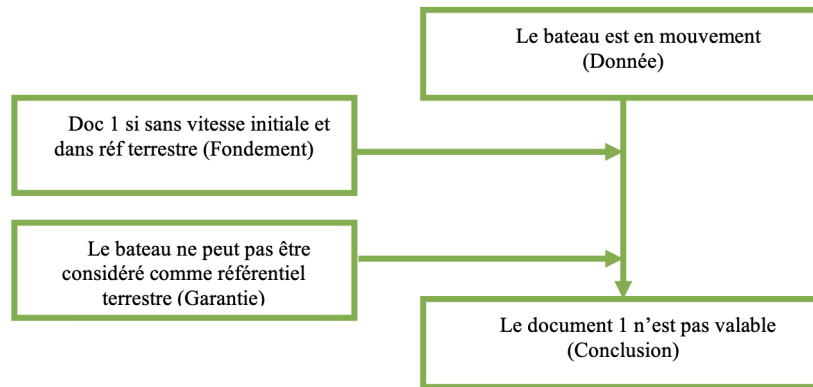


Figure 6. : Logique argumentative dans le jeu n° 15 du groupe 1

La situation précise que le bateau est en mouvement. Dans notre reconstruction de l’argumentation au sein de ce groupe, cet élément est considéré comme une donnée : il s’agit en effet d’une information extraite du texte introductif. De plus, les élèves s’appuient sur le fait que le document 1 décrit un mouvement sans vitesse initiale dans le référentiel terrestre. Ainsi, le document 1 et son contenu (absence de vitesse initiale et référentiel terrestre) jouent le rôle de fondement dans l’argumentation. Or, le bateau est en mouvement sur la mer : les élèves rejettent le fait qu’il puisse être considéré comme référentiel terrestre. Ceci constitue la garantie qui autorise les élèves à arriver à la conclusion que le document 1 est non pertinent dans la résolution du problème à l’issue du jeu n° 15. Le rejet de ce document conduit également les élèves à ne pas chercher à le mettre en lien avec le document 2 comme pouvait l’attendre Léa.

Il est possible de faire un parallèle entre cet exemple et le jeu n°34 du groupe 2 de la classe de Léo, « discuter la trajectoire de James Bond en s’appuyant sur le document et la vie courante » dans le thème « Mettre à l’épreuve des pistes de solution en les confrontant au milieu ». Dans ce jeu, les élèves recherchent la trajectoire de James Bond en se basant sur le document qui incorpore sur une même image les chronophotographies de deux balles. Leur question, à ce moment de la séance, est de savoir si James Bond a une vitesse initiale ou non puis, à partir du document, d’en déduire la trajectoire. La figure 7. représente la logique argumentative de ce jeu.

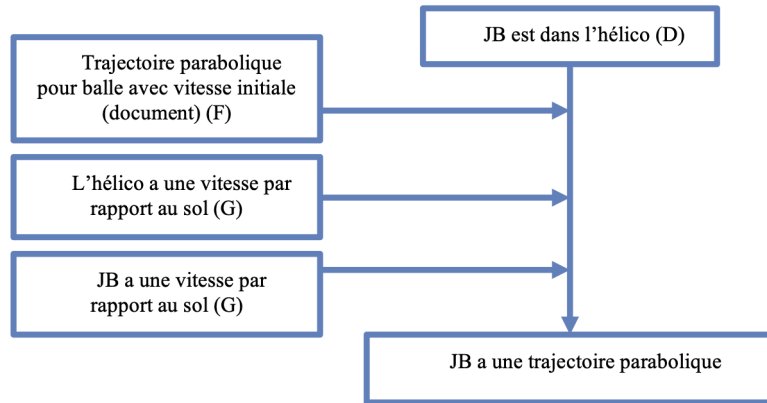


Figure 7. : Logique argumentative dans le jeu n° 34 du groupe 2.

Dans cet échange, les élèves retiennent du texte introductif que James Bond est dans l'hélicoptère (ce qui constitue la donnée). Dans le document, les élèves sélectionnent le fondement de leur argumentation : si la balle a une vitesse initiale alors sa trajectoire est parabolique. Or, l'hélicoptère a une vitesse par rapport au sol et donc James Bond, initialement à bord de l'hélicoptère, a également une vitesse initiale (il s'agit ici de deux garanties liées par le fait que James Bond est à bord de l'hélicoptère). Les élèves en concluent que la trajectoire de James Bond est parabolique.

Dans ces deux analyses, les fondements sont exclusivement extraits des documents complémentaires. En effet, les élèves ne font pas appel à leurs connaissances acquises dans les séances précédentes sur la relativité des mouvements. La stratégie du groupe 1 est d'éliminer un des deux documents pour en choisir un comme fondement, sur la base de l'adéquation des situations décrites dans les documents avec la situation traitée dans le problème. Elles finissent par rejeter le document 1. en raison de la mention du référentiel terrestre (non compatible avec le bateau qui se déplace sur la mer) et de l'absence de mouvement du chat dans ce référentiel alors que l'hélicoptère bouge. Elles ne font pas de lien avec le document 2. qui leur aurait permis de mettre en œuvre leurs connaissances sur la relativité des mouvements selon le référentiel. Le groupe 2 n'a à sa disposition qu'un seul document et n'a donc pas besoin de construire un consensus sur le document à choisir. Les élèves sont davantage focalisés sur la comparaison des conditions initiales, comparaison favorisée par la superposition des deux chronophotographies sur une même image.

Afin d'éclairer les raisons sous-jacentes à l'utilisation des documents, nous nous appuyons sur l'analyse des activités de modélisation. Pour résoudre le problème, les élèves sont incités à faire des liens entre les éléments relatifs au modèle présentés dans les documents et la situation décrite en termes d'objets et d'événements. Dans le groupe 1, l'élève E4 fait référence à l'hélicoptère et au bateau en mouvement, c'est-à-dire au monde des objets et des événements. Lorsqu'elle analyse le document 1., elle ne parvient pas à faire le lien entre la situation décrite (un chat qui tombe verticalement – monde des objets et événements) et sa description dans les termes du modèle (mouvement rectiligne dans le cas d'une vitesse initiale nulle – monde des théories et modèles) pour envisager le mouvement de James Bond comme rectiligne dans le référentiel du bateau. Le caractère d'exemple des documents complémentaires semble avoir réduit pour les élèves, le champ de validité du modèle qu'ils contiennent. L'utilisation du document 1. pour résoudre le problème impose aux élèves de faire émerger le modèle de la trajectoire rectiligne dans le cas d'une chute sans vitesse initiale pour ensuite l'appliquer à une autre situation de chute. Il y a ici nécessité d'une double activité de modélisation (tout d'abord de décontextualisation par rapport à la chute du chat, puis de recontextualisation par rapport à la

chute de James Bond) qui a été un obstacle pour le groupe d'élèves analysé.

Le groupe 2 n'est pas confronté à cet obstacle. N'ayant pas à sélectionner un document par rapport à l'autre, ils ont comparé le mouvement de l'hélicoptère et par conséquent, de James Bond avec celui de la balle qui a une vitesse initiale pour conclure que la trajectoire de James Bond est parabolique. De plus, la représentation du mouvement de deux balles est facilement décontextualisable. En effet, les cercles les représentant peuvent être assimilés à des points. Cette ambivalence des représentations permet au document d'être lu, soit comme un modèle de la situation, soit comme une photographie des objets en mouvement. Cette image fusionne donc le monde des objets et événements et celui des modèles et théories. Il n'y a donc pas nécessité de double activité de modélisation ; la décontextualisation ou la recontextualisation étant favorisée par cette ambivalence. Ce document a donc permis des activités de modélisation fructueuses dans la résolution du problème pour le groupe d'élèves analysé.

CONCLUSION

Dans ces deux analyses de cas, nos travaux ont mis en évidence que les élèves s'appuient sur les documents complémentaires pour avancer dans la résolution du problème. Leurs connaissances en physique sur la relativité des mouvements interviennent peu et ne sont pas mises en lien avec la situation. Les documents proposés par les enseignants ont influencé les éléments de la situation mobilisés et les activités de modélisation pour résoudre le problème. Les doubles activités de modélisation semblent constituer un obstacle pour les groupes d'élèves considérés. Dans la classe de Léo, le document propose des représentations d'un modèle plus facilement décontextualisables : le groupe d'élèves considéré est parvenu à mobiliser le modèle pour proposer une solution au problème. Il semble donc que des représentations pouvant être lues comme relevant d'un monde ou d'un autre, aident les élèves à modéliser la situation alors que des documents impliquant une double activité de modélisation, restreignent le domaine de validité du modèle à la situation choisie. Enfin, par effet de contrat didactique, présenter les conditions initiales différentes d'utilisation d'un modèle dans deux documents différents, induit implicitement les élèves à faire un choix en sélectionnant un seul document. Dans le cas d'un document unique superposant deux représentations, ces sont les conditions initiales de mise en oeuvre du modèle qui sont discutées afin d'éprouver l'adéquation de ces représentations avec la situation. Ces résultats seront utilisés dans la co-conception de prochaines activités de résolution de problème en vue de la validation de ces résultats par de nouvelles analyses.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bécu-Robinault, K. (2004). Raisonnements des élèves et sciences physiques. In E. Gentaz & P. Dessus (Eds), *Comprendre les apprentissages : sciences cognitives et éducation* (pp.117-132). Paris : Dunod.
- Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants*. Bruxelles : De Boeck.
- Plantin, C. (2005). *L'argumentation. Histoire théories et perspectives*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir, éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching – learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71-87.

DÉVELOPPEMENT DE L'AUTONOMIE DES ÉLÈVES AU COLLÈGE

POINTS DE VUE D'ENSEIGNANTS

DE SCIENCES PHYSIQUES ET DE MATHÉMATIQUES

Jean-Marie Boilevin¹, Suzane El Hage², Sophie Joffredo-Lebrun³, Ghislaine Gueudet⁴

1 : Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique (CREAD)

Université de Bretagne Occidentale [UBO] : EA3875, Université Rennes 2 - Haute Bretagne :

EA3875, Université de Bretagne Occidentale (UBO) : EA3875

2 : Centre d'Études et de Recherches sur les Emplois et les Professionnalisations (CEREP)

CEREP : Université de Reims Champagne-Ardenne

3 : Pédagogies Socialisation et Apprentissages (PESSOA)

Université Catholique de l'Ouest

4 : Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique (CREAD EA 3875)

Université de Brest : EA3875, Université de Brest : EA3875

153 av St Malo. CS 54310. 35043 RENNES CEDEX - France

Résumé : Cette communication propose les premiers résultats d'une étude exploratoire visant à documenter le point de vue d'enseignants français de sciences physiques et de mathématiques au collège sur ce qu'est l'autonomie des élèves et sur les impacts concernant les pratiques. Pour cela, nous construisons un cadre théorique original permettant de distinguer, notamment, autonomie pédagogique et autonomie didactique. Les transcriptions intégrales des entretiens menés avec 7 enseignants sont analysées à l'aide d'une méthodologie en plusieurs étapes. Les résultats mettent en avant des éléments communs aux deux disciplines mais aussi des différences. L'objectif à moyen terme est d'affiner nos critères d'analyse pour rendre compte de l'usage dans les classes des outils numériques susceptibles de contribuer au développement de l'autonomie des élèves, tout en favorisant la réduction des inégalités éducatives.

Mots-clés : autonomie, didactique, numérique, sciences physiques, mathématiques

DEVELOPMENT OF STUDENTS' AUTONOMY IN LOWER SECONDARY

VIEWS OF PHYSICAL SCIENCE AND MATHEMATICS TEACHERS

Abstract : This paper presents the first results of an exploratory study aimed at documenting the point of view of French teachers of physical sciences and mathematics in middle school on what student autonomy is and on the impacts on practices. To this end, we are building an original theoretical framework that makes it possible to distinguish between pedagogical and didactic autonomy. The full transcripts of the interviews conducted with 7 teachers are analysed using a multi-stage methodology. The results highlight elements common to both disciplines but also differences. The medium-term objective is to refine our analytical criteria to reflect the use in classrooms of digital tools that can contribute to the development of student autonomy while helping to reduce educational inequalities.

Keywords : autonomy, didactics, digital, physical sciences, mathematics

CONTEXTE

Les recherches en didactique sur le développement de l'autonomie des élèves en sciences et en mathématiques sont peu nombreuses (par ex. Robertson & Gail Jones, 2013). Le travail que nous présentons ici est mené dans le cadre du projet Interactions Digitales pour l'Enseignement et l'Éducation (projet IDEE¹, réponse retenue à l'appel eFRAN) et plus précisément, dans le volet Collectifs d'Enseignants et Ressources pour l'Autonomie Didactique (CERAD). Dans ce volet, nous nous intéressons aux usages du numérique susceptibles de contribuer au développement de l'autonomie des élèves dans différentes disciplines. De plus, nous portons une attention particulière aux usages du numérique susceptibles de réduire les inégalités éducatives découlant de l'origine sociale des élèves.

Le concept d'autonomie est un concept général qui recouvre plusieurs choses. Il est présent dans plusieurs disciplines et il est généralement associé à d'autres notions : autonomie et autoformation ; autonomie et numérique ; autonomie et compétence ; autonomie et motivation ; autonomie et engagement ; autonomie et socialisation, etc. En mathématiques, citons à titre d'exemple les travaux de Robert (1998) qui distingue plusieurs niveaux de mise en fonctionnement des connaissances (niveaux technique, mobilisable, disponible), que l'on pourrait interpréter comme plusieurs niveaux d'autonomie. Par ailleurs, Ben Zvi & Sfard (2007) évoquent deux types d'autonomies pour l'apprentissage d'un savoir nouveau : (1) Niveau objet, extension de discours connus, l'élève peut explorer par lui-même ; (2) Niveau méta, accéder à un discours nouveau, nécessité d'un collectif d'appui adapté. En didactique de la chimie, El Bilani *et al.* (2007) définissent l'autonomie comme une composante de la motivation en l'associant à la théorie de l'autodétermination : elle dépend beaucoup de l'histoire de l'individu et de ses expériences antérieures d'autonomie dans l'apprentissage de la chimie. En didactique de la physique, nous trouvons des liens implicites, notamment dans la recherche de Boilevin (2013), entre le réinvestissement et les apprentissages nouveaux, la production de savoirs nouveaux par le collectif et l'autonomie.

Au niveau international, Scott *et al.* (2015) étudient les perceptions de 15 enseignants à l'université ainsi que des étudiants en Angleterre (n=84) sur le développement de l'autonomie en biologie. Ils suggèrent que l'expérience personnelle antérieure à l'université et l'âge sont importants et que les étudiants adultes sont plus autonomes que les 18 à 20 ans. De leur côté, Robertson & Gail Jones (2013) analysent les points de vue d'enseignants de sciences chinois et américains au collège, sur ce qu'est l'autonomie à l'aide d'une combinaison de données qualitatives et quantitatives. Selon eux, l'autonomie en sciences est spécifique et, notamment, en lien avec les travaux pratiques nécessaires pour l'enseignement et l'apprentissage de la discipline. L'autonomie dépend fortement de l'accès au matériel et aux matériaux nécessaires aux activités de laboratoire. Selon cette étude, les enseignants ont besoin d'une certaine liberté pédagogique pour pouvoir développer l'autonomie auprès de leurs élèves. Les enseignants expliquent que l'utilisation de différentes techniques d'investigation, le fait de ne pas installer des habitudes/rythmes/rituels dans son enseignement, de changer régulièrement la présentation de documents, impacte la motivation des élèves et par conséquent, le développement de l'autonomie. Nous nous intéressons, dans notre étude, plus particulièrement à l'autonomie des élèves en classe ou à ce que Lahire (2001) appelle autonomie cognitive. Nous présentons ici une première étude exploratoire visant à documenter le point de vue d'enseignants français de sciences physiques et chimiques et de mathématiques au collège sur ce qu'est l'autonomie des élèves et les impacts sur les pratiques.

1 Opération soutenue par l'État dans le cadre du volet e-FRAN du Programme d'investissement d'avenir, opéré par la Caisse des Dépôts

L'objectif à moyen terme est d'affiner nos critères d'analyse pour rendre compte de l'usage dans les classes, des outils numériques pour favoriser le développement de l'autonomie des élèves.

CADRE THÉORIQUE

LE CONCEPT D'AUTONOMIE EN ÉDUCATION

Les travaux du volet CERAD nous amènent à clarifier ce que l'on peut appeler autonomie des élèves, lorsqu'on s'intéresse non seulement à l'organisation de leur travail mais également à des contenus de savoir précis. Nous nous appuyons sur les études menées dans le projet IDEE à propos de la définition de l'autonomie et des différentes catégories pouvant éclairer ce qui se joue en classe. Ainsi, l'autonomie est considérée comme un « processus qui permet à l'élève, dans un contexte donné et au sein d'un système d'interactions, d'organiser son travail et de mobiliser des ressources (internes ou externes) pour accomplir une tâche donnée en développant éventuellement des moyens nouveaux » (Glossaire IDEE).

Nous soulignons, de plus, la nécessité de considérer le processus d'autonomisation des élèves et la manière dont les professeurs peuvent soutenir ce processus. Nous distinguons l'autonomie pédagogique qui concerne des aspects transversaux de l'activité des élèves et l'autonomie didactique qui concerne les savoirs en jeu (Athias *et al.*, 2019). Pour cette dernière, nous distinguons encore l'autonomie d'acquisition, lorsque des savoirs nouveaux sont visés ou qu'une démarche de recherche est nécessaire et l'autonomie de mobilisation, lorsqu'il s'agit de savoirs déjà acquis pour lesquels un travail plus technique est proposé (Gueudet & Lebaud, 2019). Par ailleurs, en ce qui concerne l'autonomie pédagogique, nous utilisons les différents domaines de l'autonomie introduits par Alberio (2004) : technique, informationnel, méthodologique, social, cognitif, métacognitif, psycho-affectif. Ces domaines permettent en particulier de préciser les apports potentiels ou effectifs du numérique.

QUESTIONS DE RECHERCHE

Ces différentes distinctions du terme autonomie nous permettent d'étudier les questions suivantes : comment les professeurs définissent-ils l'autonomie des élèves lors d'une séance de leur discipline ? Quels domaines de l'autonomie sont présents dans ces séances ?

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

PRINCIPES GÉNÉRAUX

Pour aborder ces questions, nous nous appuyons sur des entretiens menés avec des enseignants du second degré au collège en mathématiques (n=3) et en sciences physiques et chimiques (n=4). Le canevas d'entretien est conçu pour questionner les professeurs sur leur parcours professionnel, leur formation, leur vision de l'autonomie, les leviers ainsi que les obstacles évoqués à partir d'exemples tirés de séances de classe. Des transcriptions intégrales des entretiens sont réalisées.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE

Notre méthodologie d'analyse se présente en plusieurs étapes.

PREMIÈRE ÉTAPE

Après une validation interne des résultats, organisée à partir d'une analyse croisée des entretiens entre plusieurs chercheurs, nous codons les 7 transcriptions en fonction des 7 domaines d'Albero, en identifiant le point de vue des professeurs sur l'autonomie puis, de manière plus spécifique, leur point de vue sur l'usage du numérique pour soutenir ce processus d'autonomisation des élèves. Plus précisément, notre analyse de contenu repose sur un découpage par mots clés ou par éléments discursifs permettant un repérage dans les transcriptions des entretiens de ce qui relève d'une part, de l'autonomie pédagogique et didactique et d'autre part, de la catégorisation à partir des 7 domaines d'Albero. Le tableau ci-dessous donne à voir un exemple d'une telle analyse.

Domaine	Autonomie pédagogique		Autonomie didactique	
	Non numérique	Numérique	Non numérique	Numérique
Technique		« Vous devez me l'imprimer à la fin de la séance »		
Informationnel		« Vous avez 2 sites Internet pour vous aider à compléter ce document-là »		
Méthodologique	« L'autonomie c'est que l'élève s'habitue à la façon dont l'enseignant travaille » (en 5ème)	« Ils se débrouillent tout seuls, ils ouvrent, ils font la recherche »		
Social	« J'essaye de faire des groupes hétérogènes pour qu'il n'y ait pas un groupe à la ramasse ... je les change tous les trimestres pour changer leurs habitudes justement ... »			
Cognitif	« ... quand ils ne m'appellent pas et qu'ils n'ont pas réussi à faire l'activité, je les considère autonomes alors qu'ils ne le sont pas. »		« ... par exemple chez un gamin ce n'est pas inné la démarche expérimentale » « L'autonomie n'est pas aussi une question de maturité ? »	

Tableau 1 : Extrait d'analyse de contenu d'entretien

DEUXIÈME ÉTAPE

Notre premier codage par domaine est enrichi par une analyse microscopique par élément définitoire de l'autonomie. Pour cela, en nous inspirant du concept de facette de savoir (Minstrell, 1992), nous nommons facette de l'autonomie tout élément dans le discours des enseignants en lien avec le développement de l'autonomie des élèves. Ces éléments ont la taille d'une phrase simple. Dans notre étude, à l'instar de Tiberghien (2012), un énoncé est associé à une facette de l'autonomie dans la mesure où le chercheur considère qu'il a la même signification. Nous avons fait le choix de reformuler les facettes pour une meilleure lisibilité. Toutefois, nous sommes restés fidèles, le plus possible, aux propos des enseignants. Dans l'exemple suivant, « l'élève autonome, il a pas besoin de prof », la reformulation de cet énoncé en facette devient « l'élève autonome travaille sans solliciter le professeur ».

TROISIÈME ÉTAPE

En suivant Tiberghien (2012), nous regroupons les facettes d'un même ensemble de domaine de l'autonomie (Albero, 2004) par groupes notionnels. De plus, dans un même domaine, plusieurs groupes notionnels peuvent co-exister.

Pour résumer, il s'agit d'abord de lister les domaines (selon Albero). Dans chaque domaine, nous précisons les groupes notionnels et, à l'intérieur de ces derniers, nous repérons une ou plusieurs facettes de l'autonomie. Le tableau 2 propose un exemple d'analyse en domaine, groupes notionnels et facettes de l'autonomie.

Domaine	Groupes notionnels	Facettes de l'autonomie
Technique	1. Utiliser le matériel informatique	1. Les élèves impriment le document lors de la séance. 2. Les élèves complètent un document de type traitement de texte pendant la séance 3. Les élèves utilisent une tablette sans l'aide du professeur
....		
Méthodologique	1. Travailler sans le professeur	1. L'élève répond aux questions sans solliciter l'enseignant. 2. L'élève essaye de faire seul le travail sans le professeur.

Tableau 2 : Exemple d'analyse de l'autonomie par groupes notionnels

PREMIERS RÉSULTATS

MATHÉMATIQUES

Une première analyse des entretiens donne à voir que les enseignants de mathématiques considèrent que les élèves sont autonomes lorsqu'ils sont impliqués fortement dans l'activité, lorsqu'ils lisent seuls les consignes et lorsqu'ils peuvent restituer en fin de séance ce qu'ils ont

appris. L'autonomie pédagogique est très présente dans leurs propos, au contraire de l'autonomie didactique.

Il existe cependant un lien fort entre autonomie et différenciation (par exemple, possibilité de changement de rythmes, importance de l'autoévaluation).

Le lien entre numérique et autonomie apparaît quant à lui, dans des domaines plus spécifiques avec des groupes notionnels tels que :

- « recherche sur Internet » dans le domaine informationnel ;
- « réaliser des exercices en ligne » que l'on peut retrouver dans différents domaines : cognitif, psycho-affectif, métacognitif. Néanmoins, celui-ci peut créer des inégalités.

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Nous présentons, en annexe, une synthèse des résultats des 4 entretiens. Une première analyse permet de dire que les enseignants de physique-chimie interrogés ne donnent pas tous la même définition de l'autonomie, même si certains éléments de convergence apparaissent (tous les enseignants évoquent des éléments appartenant au domaine méthodologique et social). Certains enseignants voient plus l'autonomie selon 3 domaines alors qu'elle couvre 6 domaines pour un seul enseignant. Le domaine qui semble le plus présent et récurrent dans le discours des 4 enseignants interrogés est le domaine méthodologique qui regroupe 5 groupes notionnels.

Le lien entre numérique et autonomie apparaît, quant à lui, dans 2 domaines : technique et informationnel. Cependant, aucun enseignant en physique-chimie ne mentionne explicitement la place du numérique dans le domaine méthodologique. Comment expliquer cela alors que cet aspect apparaît dans beaucoup plus de domaines auprès des enseignants de mathématiques ?

Cependant, des éléments spécifiques apparaissent. Ainsi, les enseignants font la distinction entre autonomie individuelle et autonomie de groupe (Le Bouil *et al.*, 2019). De plus, l'autonomie serait difficile à développer car une activité expérimentale « ce n'est pas du bricolage, ça demande une vraie réflexion ». Enfin, parmi les leviers et contraintes évoqués, figurent les équipements de travail, numériques ou pratiques ; le facteur temps et le manque de connaissances initiales des élèves et, pour une part importante, les contraintes institutionnelles. Certes, ces contraintes sont applicables à d'autres domaines disciplinaires. Mais une contrainte spécifique à la physique-chimie apparaît autour du matériel de laboratoire comme le montre cet extrait « ...y'a un frein énorme en physique chimie qui est le matériel quoi que ce soit le matériel informatique c'est quand même un gros problème mais aussi le matériel tout court de toute façon euh y'a un moment t'es quand même limité s'ils ont envie de faire un truc euh ok mais toi t'as pas t'as pas le matériel qu'il faut » (P2). Ce type de frein a été déjà soulevé par Robertson & Gail Jones (2013).

DISCUSSION ET CONCLUSION

D'un point de vue méthodologique, la grille proposée par Alberio s'avère délicate à utiliser, car la catégorisation des facettes semble parfois mouvante. Nous travaillons actuellement à une stabilisation des critères d'analyse. Cependant, nous voyons apparaître des éléments communs aux deux disciplines (un fort appui sur les domaines méthodologique, social et métacognitif),

mais aussi des différences (autonomie spécifique en sciences physiques associée au travail collectif).

Cette première analyse donne à voir d'une part, que la définition donnée par les professeurs des deux disciplines est différente mais complémentaire. D'autre part, la spécificité de chaque discipline se retrouve dans les groupes notionnels mis en évidence. Par exemple, en mathématiques, le fait de faire des exercices en ligne développe l'autonomie des élèves grâce au numérique. Du côté de la physique-chimie, le numérique pour développer l'autonomie est présent via la mise à disposition de matériel, mais ne semble pas un moyen privilégié par les enseignants interrogés.

BIBLIOGRAPHIE

- Albero, B. (2004). L'autoformation dans les dispositifs de formation ouverte et à distance : instrumenter le développement de l'autonomie dans les apprentissages. In I. Saleh, D. Lepage, S. Bouyahi (Ed.) *Les TIC au cœur de l'enseignement supérieur*. Actes de la journée d'étude du 12 novembre 2002, Laboratoire Paragraphe, (pp. 139-159). Université Paris VIII-Vincennes-St Denis : Actes Huit.
- Athias, F., Barrué, C., Besnier, S. & Joffredo-Le Brun, S. (2019). Autonomie des élèves et ressources numériques. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6(1), 142-150.
- Ben Zvi, D., & Sfard, A. (2007). Ariadne's thread, Daedalus' wings and the learners autonomy. *Education & Didactique*, 1, 117-134.
- Boilevin, J.-M. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles : De Boeck.
- El Bilani, R., Montpied, P. & Le Maréchal, J. F. (2007). Autonomie et motivation lors de l'apprentissage avec un simulateur. *Didaskalia*, 31, 1-32.
- Gueudet, G. & Lebaud, M.-P. (2019). Développer l'autonomie des élèves en mathématiques grâce au numérique. 1. Différentes dimensions de l'autonomie. *Petit x*, 109, 3-16.
- Lahire, B (2001). La construction de l' « autonomie » à l'école primaire : entre savoirs et pouvoirs. *Revue française de pédagogie*, 135, 151-161.
- Le Bouil, A. El Hage, S., Jameau, A. & Boilevin, J.-M. (2019). L'autonomie des élèves dans l'apprentissage de la physique-chimie selon les enseignants. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 6(1), 274-280.
- Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Ed.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 110-128). Kiel: IPN.
- Robert, A. (1998). Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 18(2), 139-190.
- Robertson, L. & Gail Jones, M. (2013). Chinese and US middle-school science teachers' autonomy, motivation, and instructional practices. *International Journal of Science Education*, 35 (9), 1454-1489.
- Scott, G. W., Furnell, J., Murphy, C. M. & Goulder, R. (2015). Teacher and student perceptions of the development of learner autonomy; a case study in the biological sciences. *Studies in Higher Education*, 40(6), 945-956.
- Tiberghien, A. (2012). Analyse d'une séance de physique en seconde : quelle continuité dans les pratiques ? *Education et didactique*, 6(3), 97-123.

ANNEXE : SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES 4 ENTRETIENS EN PHYSIQUE-CHIMIE

Domaine	Groupes notionnels	Facettes de l'autonomie	Nb d'enseignants (n total = 4)
Technique	1) Utiliser le matériel informatique	4 facettes	2 enseignants (P1, P2)
Informationnel	1) Rechercher et trouver l'information	4 facettes	3 enseignants (P1, P3, P4)
Méthodologique	1) Travailler sans le professeur	4 facettes	2 enseignants (P1, P2)
	2) Appropriation de la tâche	4 facettes	3 enseignants (P3, P4)
	3) Organiser son propre travail selon les objectifs	2 facettes	1 enseignant (P2)
	4) Faire appel à des ressources (au sens d'Adler)	2 facettes	2 enseignants (P3, P4)
	5) L'élève auto-didacte	2 facettes	1 enseignant (P4)
Social	1) Fonction de groupes hétérogènes	5 facettes	P1, P2
	2) Coopération avec des pairs	4 facettes	P3, P4
Cognitif	1) Développer des stratégies pour résoudre une tâche	2 facettes	P3, P4
	2) Réaliser des tâches sans l'aide du professeur	1 facette	P3, P4
	3) Processus d'autonomisation et âge	1 facette	P3, P4
	4) Compréhension des contenus	1 facette	P3, P4
Méta-cognitif	Prise de conscience des bénéfices cognitives d'une activité	2 facettes	P4
Psycho-affectif	1) Motivation extrinsèque des élèves	2 facettes	P1
	2) Les modalités de travail rassurent les élèves	1 facette	P1
	3) Motivation intrinsèque	2 facettes	P4

DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL AU SEIN D'UN GROUPE DE RECHERCHE COLLABORATIVE LE CAS D'UN LÉA TRAVAILLANT SUR LES CHÂÎNES ALIMENTAIRES

Frédéric Charles¹, Catherine Bruguiere¹

1 : Laboratoire Sciences, Société, Historicité, Education et Pratiques (EA 4148 S2HEP)
Université Lyon 1

Résumé : Le Lieu d'Éducation Associé « Sciences et Littérature de Jeunesse » constitue un groupe de recherche collaborative, associant des praticiens professeurs des écoles et des enseignants-chercheurs didacticiens des sciences. Ces membres sont réunis autour du questionnement professionnel de l'utilisation des albums de fiction en classe primaire pour enseigner les sciences. Même si ce groupe ne vise pas le développement professionnel des enseignants, nous proposons de montrer, dans cette communication, dans quelle mesure ce type de recherche collaborative y participe. Nous prenons appui sur l'étude du fonctionnement du groupe travaillant sur des contenus relatifs aux chaînes alimentaires, à partir de la lecture de l'album « Le tigre mange-t-il de l'herbe ? » en maternelle, pour caractériser la nature de ce développement professionnel.

Mots-clés : développement professionnel ; recherche collaborative ; chaîne alimentaire ; école maternelle

PROFESSIONAL DEVELOPMENT WITHIN A COLLABORATIVE RESEARCH GROUP THE CASE OF A GROUP WORKING ON FOOD CHAINS

Abstract : The LéA (« Lieu d'Éducation Associé » in french) «Science and Youth Literature» is a collaborative research group, bringing together primary school teachers and researchers in science education. These members are gathered around the professional questioning of the use of children's literature books in primary class to question the sciences. Although this group does not seek the professional development of teachers, we postulate that it induces them. This paper proposes to characterize this professional development within the framework of the operation of the group working on content related to food chains in Kindergarten.

Keywords : professional development ; collaborative research ; food chains ; kindergarten

CONTEXTE ET ENJEU DE LA RECHERCHE

Cette communication vise à caractériser le développement professionnel (DP) (Ria, 2019) de professeurs des écoles engagés dans un groupe de recherche collaborative, c'est-à-dire une recherche qui réunit des chercheurs universitaires et des praticiens enseignants autour d'un questionnement lié à l'exercice de la pratique (Desgagné, 1997). Le dispositif de recherche dont il s'agit ici est un LéA, un Lieu d'Éducation Associé à l'IFÉ¹, appelé Paul-Émile Victor, du nom de l'école lyonnaise dans laquelle le groupe se réunissait à sa création. Il s'agit d'un groupe de recherche collaborative car il s'inscrit pleinement dans la conceptualisation proposée par Desgagné (1997) : le premier énoncé qui évoque une démarche de coconstruction entre les partenaires concernés. Le LéA conçoit, met en œuvre et évalue en effet des séquences d'enseignement-apprentissage des sciences intégrant l'exploitation d'albums de fiction.

Dans une première partie sont présentées les références théoriques de la recherche, puis la méthodologie en deuxième partie. La troisième partie propose une première analyse des données récoltées qui sera approfondie lors des 11es rencontres scientifiques.

CADRE DE RÉFÉRENCES

Les recherches collaboratives entre chercheurs et praticiens du monde de l'éducation et de la formation existent depuis longtemps, sous des étiquettes variées, selon leurs visées et l'implication des acteurs (ingénierie collaborative, ingénierie didactique, ingénierie coopérative, Design based research, etc.). Ainsi, les recherches collaboratives, engageant des acteurs dans une réflexion à plusieurs voix, ouvrent des espaces de savoirs pratiques et théoriques et d'échanges constructifs entre chercheurs et praticiens (Bourassa, Bélair & Chevalier, 2007). Dans un article déjà ancien, Desgagné (1997) met en avant quatre attributs pour définir le concept de recherche collaborative :

- Le premier est qu'elle réunisse des enseignants-chercheurs et des praticiens autour de l'exercice de la pratique. Le LéA est composé de cinq enseignants-chercheurs et de six professeurs des écoles réunis autour de la pratique de l'enseignement des sciences à partir d'albums de jeunesse ;
- Le deuxième est que cette recherche parte d'une pratique ordinaire observée pour tendre vers une pratique innovante. Le groupe LéA utilise en effet une pratique ordinaire observée dans les classes maternelles (Charles, 2012) – l'utilisation des albums de littérature de jeunesse - pour tendre vers une pratique innovante, questionner les sciences en utilisant certains de ces albums, qualifiés de « fiction-réalistes » (Bruguière et Triquet, 2012).
- Le troisième attribut est relatif à la modalité de travail dans la recherche collaborative, définie comme une démarche de coconstruction entre les partenaires. Dans le LéA, cet attribut est bien présent, le groupe centre en effet ses activités sur cette démarche lors de la conception, la mise en œuvre et l'évaluation de séquences d'enseignement-apprentissages en classes et d'élaboration d'outils pour la formation des enseignants. Charles et Bruguière (2018) modélisent cette modalité de travail du LéA selon une approche circulaire. Cette démarche de coconstruction se caractérise par une coopération entre chercheurs et praticiens, une mutualisation de leurs compétences respectives. Cette co-construction se cristallise par des publications de ressources communes aux chercheurs et aux

1 IFÉ : Institut Français de l'Éducation.

praticiens² et destinées aux formateurs et aux enseignants du premier degré. Les professeurs des écoles collaborent entre eux - notamment lorsqu'ils sont affectés dans la même école ou la même circonscription - autour de la mise au point d'outils pédagogiques et didactiques (des mallettes, par exemple). Les chercheurs universitaires produisent des savoirs nouveaux, fondamentaux, en didactique des sciences et diffusent ces savoirs de différentes manières : en tant qu'enseignants-formateurs à l'INSPE³ mais aussi dans le cadre de formations continues.

- Le quatrième attribut est que la recherche vise le DP des praticiens. Même si le LéA s'inscrit dans la mouvance des recherches en éducation et formation ayant une visée de transformation et d'amélioration des pratiques d'enseignement et des conditions d'apprentissage, cette visée est vue principalement au sein du groupe selon une perspective de diffusion large des résultats de la recherche (par des conférences, des publications d'ouvrages de formation, la création de ressources en ligne, etc.). Mais pour autant, le LéA n'est pas un groupe de recherche-formation : il ne vise pas le DP des enseignants et il ne s'inscrit donc pas dans le paradigme du « praticien réflexif » (Schön, 1994). Nous supposons cependant qu'il existe bel et bien un DP chez les praticiens du groupe. C'est ce que nous cherchons à caractériser ici, dans cette recherche focalisant les professeurs des écoles du LéA.

Si les travaux au sein du groupe sont fondés sur le principe de symétrie qu'évoquent Sensevy *et al.* (2013) - dans le sens où les participants partagent leur pratique selon leur cadre épistémique propre -, ils n'instituent pas pour autant une ingénierie coopérative dans laquelle il s'agit de résoudre des problèmes, c'est-à-dire de construire des solutions adéquates à la logique d'une pratique. L'enjeu de la collaboration entre enseignants et enseignants-chercheurs se situe dans la coconstruction de conditions didactiques pertinentes pour rendre possibles des apprentissages scientifiques avec des albums de fiction.

Nous proposons de caractériser le DP des enseignants du LéA lors de travaux conduits au sein du LéA avec l'album de fiction « Le tigre mange-t-il de l'herbe ? » (Hyeon-Jeong & Se-Yeon, 2014), dans la perspective de construire une séquence d'exploration du monde vivant avec des élèves de Grande Section de maternelle. Le choix de *cet album* relève de raisons didactique et narrative. L'intrigue de *cet album* met en jeu d'une part, des relations entre les êtres vivants au sein d'un écosystème de façon problématique car sur la base de questions contrefactuelles (Soudani *et al.*, 2015) déclinées à partir de celle du titre « Le tigre mange-t-il de l'herbe ? » (comme par exemple, « le Tigre mange-t-il des sauterelles ? »). D'autre part, le récit est construit selon un schéma en randonnée qui, selon Weber (2018), est adapté à une exploitation en classe avec de jeunes élèves. Le récit propose également des formes variées de linéarisation du modèle des chaînes alimentaires dont la mise en tension permet de se confronter aux obstacles inhérents à son apprentissage (Bruguière & Charles, 2019 ; Peterfalvi *et al.*, 1987).

2 Par exemple : Charles, F., Pouey, N., Bruguière, C., Soudani, M. et Monin, S. (2018). Une approche d'éducation scientifique au préscolaire par les albums jeunesse : Le tigre mange-t-il de l'herbe ? *Spectre, Revue de l'Association pour l'Enseignement de la Science et de la Technologie au Québec*, 47(4), 26-29.

3 INSPE : Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation.

MÉTHODOLOGIE

La caractérisation de la DP des enseignants du LÉA s'appuie sur un corpus composite, prélevé pendant les deux années scolaires consacrées à l'album « Le tigre mange-t-il de l'herbe ? » :

- Les premières données sont des écrits produits par les membres du LÉA, collectivement ou individuellement. Ces écrits ont été rédigés entre les réunions du groupe LÉA et constituent des analyses épistémologique et didactique de l'album étudié. Les écrits collectifs sont produits par des sous groupes mixtes formés par un professeur des écoles et un chercheur.
- Des entretiens individuels et semi-directifs sont menés avec chacun des professeurs des écoles du LÉA par un enseignant-chercheur du LÉA. Ces entretiens portent sur l'impact de la participation des enseignants au groupe LÉA et sont organisés selon deux items : le premier est relatif aux pratiques de ces enseignants (notamment en éducation scientifique et technologique) et le second, sur leur parcours professionnel.
- Un entretien de restitution semi-directif, post-séance est mené avec une des enseignantes de maternelle ayant conçu et mis en œuvre la séquence sur « Le Tigre mange-t-il de l'herbe ? » dans sa classe. Cet entretien, mené par l'enseignant-chercheur ayant assisté aux séances, vise l'explicitation de ce qui s'est déroulé en classe lors de cette séquence. Nous précisons cependant que ces séquences mises en œuvre dans les classes par les enseignants du groupe font l'objet de séances spécifiques du LÉA pendant lesquelles la constitution même du groupe, permet une analyse croisée de cette mise en œuvre.

L'analyse de ces données empiriques focalise deux dimensions, l'une liée à leur trajectoire de développement (Loisy, 2018) des enseignants et l'autre, liée à leur pratique didactique en sciences, notamment leur manière de changer de point de vue par rapport à l'intégration des albums de fiction-réaliste à la démarche d'investigation.

RÉSULTATS

L'analyse des données est présentée ici de manière linéaire. Une analyse croisée des corpus récoltés sera proposée pour discussion lors des 11es rencontres scientifiques.

- Les écrits produits par les professeurs des écoles ont toutes les caractéristiques d'écrits réflexifs et professionnalisants (Cros, 2003). Leur analyse met au jour un DP au plan didactique, notamment de l'analyse du contenu didactique à enseigner. Lors de la première année scolaire, ces écrits montrent comment les enseignants s'approprient le contenu scientifique de la structure et du fonctionnement des écosystèmes, notamment l'enjeu des emboîtements successifs entre les différents maillons d'une chaîne alimentaire. Ces écrits témoignent aussi d'une réflexion sur la pratique. En effet, deux enseignantes, testant l'album dans leur classe, se rendent compte des difficultés qu'il peut poser a priori pour des enfants de Grande Section de Maternelle. Ainsi, un recueil des représentations des enfants sur une double page de l'album permet d'imaginer une manière de l'utiliser particulière, la lecture à rebours à partir d'un moment-clé du récit de l'album.
- Les entretiens individuels mettent au jour un DP dont l'analyse permet de distinguer deux champs. Le premier renvoie à des compétences didactiques liées à la mise en œuvre de la démarche d'investigation à partir d'albums de fiction et une

compréhension plus fine de ce qu'est la nature de la science. Les enseignants verbalisent en effet qu'ils abordent des séquences en sciences et technologie selon la même perspective que celle mise en œuvre dans le groupe LéA et qu'ils comprennent mieux comment la science se fait, par leur fréquentation d'enseignants-chercheurs au LéA. Le deuxième champ est relatif à la trajectoire professionnelle des enseignants participant au LéA. Tous, sans exception, ont entrepris, durant leur participation à la recherche, des démarches témoignant d'une recherche d'un DP : inscription en cursus universitaire de niveau Master, passage de concours (CAFIPEMF⁴, CAPA-SH⁵), certifications complémentaires (entretien de direction), obtention de poste de PEMF⁶ ou de Conseiller Pédagogique.

- L'entretien post-séance sera mené en début d'année 2020 pendant laquelle la séquence sur « Le Tigre mange-t-il de l'herbe ? » sera encore testée. Son analyse sera présentée lors des 11es rencontres scientifiques.

CONCLUSION

Les résultats de cette recherche convergent avec deux des six principes des recherches collaboratives décrits par Bourassa, Bélair et Chevalier en 2007 :

- Le sujet de la recherche s'enrichit dans l'intersubjectivité de la communauté de pratiques (Wenger et al., 2002) ainsi constituée et nécessite des échanges réguliers et importants entre les différents acteurs, enseignants et chercheurs.
- Le sujet de la recherche produit des changements effectifs de la situation et des actions qui engendrent des effets de DP.

L'originalité de cette recherche est de porter un regard rétrospectif sur l'effet produit par une recherche collaborative sur les enseignants engagés dans ce dispositif. Elle met au jour leur DP, qui tend vers deux directions : l'une relative à la construction de compétences professionnelles dans le champ de la didactique des sciences (notamment dans la manière de comprendre la nature de la science et son enseignement) et l'autre, relative à une trajectoire professionnelle (le LéA semble être une aide à la prise de décisions pour des changements dans la carrière professionnelle de l'ensemble des membres du groupe LéA). Cette recherche laisse cependant des zones d'ombre, peu questionnées à savoir, le DP des enseignants-chercheurs eux-mêmes.

BIBLIOGRAPHIE

Bourassa, M., Bélair, L. & Chevalier, J. (2007). Les outils de la recherche participative. *Education et Francophonie*, 35 (2).

Bruguière, C. & Charles, F. (2019). *En maternelle, raconter une chaîne alimentaire avec un récit et des images d'une album de jeunesse*, Colloque Sciences en récit, sciences en image, Angoulême, France.

4 Certificat d'Aptitude à la Fonction d'Instituteur et Professeur des Écoles Maître Formateur.

5 Certificat d'Aptitude Professionnelle pour les Aides spécialisées, les enseignements adaptés et la Scolarisation des élèves en situation de Handicap.

6 Professeur des Écoles Maître Formateur.

- Bruguière, C. & Triquet, É. (2012). Des albums de fiction réaliste pour problématiser le monde vivant. *Repères*, 45, 181-200.
- Charles, F. (2012). *Découvrir le monde de la nature et des objets avant six ans à l'école maternelle : spécificités du curriculum, spécialité des enseignants*. Thèse de doctorat, Université Paris Descartes, Paris.
- Cros, F. (2003). L'écriture sur la pratique est-elle un outil de professionnalisation ? *Perspectives documentaires en éducation*, 58, 41-47.
- Loisy, C. (2018). *Le développement professionnel des enseignants à l'heure du numérique. Le cas du supérieur. Propositions théoriques et méthodologiques*. Mémoire d'HDR, École Normale Supérieure de Lyon, Lyon.
- Peterfalvi, B., Rumelhard, G. & Verin, A. (1987). Relations alimentaires. *Aster*, 3, 111-189.
- Ria L. (2019). *Former les enseignants. Pour un développement professionnel fondé sur les pratiques de classe*. Paris : ESF.
- Schön, D.-A. (1994). *Le praticien réflexif. À la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Montréal : Les Éditions Logiques.
- Soudani, M., Héraud, J.-L., Soudani-Bani, O. & Bruguière, C. (2015). Mondes possibles et fiction réaliste. Des albums de jeunesse pour modéliser en science à l'école primaire. *RDST*, 11, 135-160.
- Voisin, C. & Lhoste, Y. (2016). *Analyse des choix didactiques pour enseigner la biodiversité à l'école : le cas d'une enseignante de maternelle*. Actes des 9èmes rencontres scientifiques de l'ARDiST. 30 mars-1er avril, Lens.
- Wenger, E., McDermott, R.-A. & Snyder, W. (2002). *Cultivating communities of practice: a guide to managing knowledge*. Boston: Harvard Business Review Press.

ALBUM

- Hyeon-Jeong, A. & Se-Yeon, J. (2014). *Le tigre mange-t-il de l'herbe ?* Paris : Ricochet.

DIFFÉRENCIER ASPECTS EMPIRIQUES ET THÉORIQUES DE LA MESURE : UN LEVIER POUR L'ENSEIGNEMENT ET L'APPRENTISSAGE EN PHYSIQUE ET EN MATHÉMATIQUES ?

Valérie Munier¹, Aurelie Chesnais¹

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation
(LIRDEF)

Université de Montpellier, Université Paul-Valéry - Montpellier 3

Résumé : Dans cette communication nous questionnons la pertinence d'une distinction entre aspects empiriques et théoriques de la mesure pour revisiter les questions liées à l'articulation entre modèle et réalité en mathématiques et en physique dans des situations de modélisation mettant en jeu des mesures. Nous montrons comment la distinction que nous proposons entre « mesure empirique » et « mesure théorique », basée sur une analyse épistémologique de la mesure menée dans une perspective interdidactique, permet d'interpréter certaines difficultés des élèves et des enseignants, de pointer des limites, voire des incohérences, dans la prise en charge de ces difficultés et des enjeux liés à la mesure par les manuels scolaires français de physique de cycle 4. Enfin, nous discutons du potentiel de cette distinction pour penser un enseignement de la mesure plus cohérent sur le plan épistémologique entre les deux disciplines, permettant de favoriser la compréhension par les élèves de la nature de l'activité scientifique, en physique comme en mathématiques.

Mots-clés : mesure, incertitudes, modélisation, épistémologie

DIFFERENTIATING EMPIRICAL AND THEORETICAL ASPECTS OF MEASURE: A LEVER FOR THE TEACHING AND LEARNING OF PHYSICS AND MATHEMATICS?

Abstract : In this communication we question the relevance of a distinction between empirical and theoretical aspects of measure to revisit questions related to the articulation between model and reality in mathematics and physics, in modelling situations involving measures. We show how this distinction between empirical and theoretical measures allows us to interpret some difficulties of both pupils and teachers, to point out the limits, or even inconsistencies in the treatment of these difficulties and of the issues related to measure by French physics textbooks of cycle 4. Finally, we discuss the potential of this distinction to elaborate a more epistemologically consistent teaching of measurement.

Keywords : Measure, Uncertainties, modelisation, epistemology

INTRODUCTION

La question de la modélisation est cruciale en physique comme en mathématiques. Une part importante de l'activité du physicien consiste en effet à construire un dialogue entre champ empirique et champ théorique ; les modèles pouvant être considérés comme des intermédiaires entre ces deux champs (Walliser, 1977). De nombreuses recherches en didactique des sciences ont pointé l'importance de faire pratiquer aux élèves des activités de modélisation et de travailler le statut et les fonctions des modèles (e.g. Thiberghien et al., 2003, Robinault, 2018). Les derniers programmes de physique-chimie et de mathématiques de l'enseignement secondaire français (MEN, 2015, 2019) donnent d'ailleurs une place croissante à la modélisation ; la compétence modéliser étant notamment une des six compétences qui doivent être travaillées au cycle 4 en mathématiques.

Nous nous intéressons ici aux situations de modélisation mettant en jeu des mesures, et plus spécifiquement, aux situations dans lesquelles les élèves sont amenés à élaborer ou à vérifier des lois (en physique) ou des propriétés et théorèmes (en géométrie), ou à déterminer des constantes¹ à partir de mesures. Ces situations nécessitent d'établir des liens entre une forme de réalité (matérielle) et un modèle, entre l'empirique et le théorique, le mesurage matériel et le travail sur des objets « abstraits ». Or, dans des travaux antérieurs, nous avons identifié des difficultés pour les élèves à appréhender la distinction et les relations entre les valeurs obtenues en utilisant des instruments, et celles qui peuvent être calculées en utilisant des lois, théorèmes ou définitions (Chesnais & Munier, 2016 ; Munier et al. 2014 ; 2017), révélant ainsi des difficultés à distinguer modèle et réalité. Notons que ces difficultés font écho à des difficultés similaires identifiées dans d'autres contextes de modélisation (e.g. Gaidioz & Tiberghien, 2003 ; Méheut, 1996). Par ailleurs, nous avons également pointé dans ces travaux des difficultés des enseignants à prendre en charge ces enjeux d'apprentissage.

Cette communication vise à questionner l'intérêt d'introduire une distinction explicite entre aspects empiriques et théoriques de la mesure pour revisiter les questions liées à l'articulation modèle/réalité dans ces deux disciplines, dans des situations de modélisation mettant en jeu des mesures. Dans une 1^{ère} partie, nous présentons la manière dont nous définissons mesure empirique et mesure théorique, à partir d'une analyse épistémologique de la mesure en physique et en mathématiques. Ensuite, nous mobilisons ces notions pour repenser et reformuler les enjeux épistémologiques et didactiques liés à la mesure dans ces deux disciplines. Dans une partie empirique, nous mobilisons cette distinction pour analyser des situations de classe et des manuels scolaires. Nous faisons l'hypothèse qu'elle est heuristique pour (ré-)interpréter certaines difficultés des élèves et des enseignants et pointer des limites et des incohérences dans la prise en charge de ces difficultés et des enjeux liés à la mesure. Enfin, nous discutons du potentiel de cette distinction pour penser un enseignement de la mesure plus cohérent sur le plan épistémologique dans (et entre) les deux disciplines.

ELEMENTS THÉORIQUES

MESURE THÉORIQUE / MESURE EMPIRIQUE

Nous distinguons tout d'abord le processus de « mesurage » et son résultat, que nous appelons « mesure ».

1 e.g. une température de changement d'état

tir de calculs, sur la base d'informations données, par exemple lors du calcul de la valeur d'une intensité en utilisant la loi d'Ohm ou de la détermination d'une longueur à l'aide du théorème de Pythagore. Nous considérons également comme théorique une mesure fournie comme donnée d'un problème. Nous désignons par mesure empirique une valeur résultant d'une action physique avec un instrument, par exemple lorsque l'on mesure l'intensité du courant à l'aide d'un ampèremètre ou une longueur à l'aide d'une règle. Du fait de la dispersion inhérente au processus (empirique) de mesurage, la mesure empirique est nécessairement définie avec un certain niveau d'incertitude (BIPM, 2008) ; les causes d'incertitudes étant l'observateur, l'instrument et la grandeur même faisant l'objet du mesurage. Par nature, les mesures empiriques sont nécessairement des nombres rationnels et même, la plupart du temps, des nombres décimaux, assortis d'un intervalle de confiance, tandis que les mesures théoriques sont des nombres réels et sont considérées comme des valeurs exactes. Dans certains cas, valeurs empiriques et théoriques sont égales, mais la plupart du temps, elles ne coïncident pas et les mesures empiriques sont des valeurs approchées des mesures théoriques.

Cela entraîne une contradiction apparente entre la définition de la mesure en mathématiques comme une fonction réelle positive et celle de la mesure en physique qui résulte de l'utilisation d'un instrument. Bien sûr, cela ne constitue pas une contradiction pour l'expert qui sait comment gérer les relations entre ces deux objets, même s'il utilise le même terme pour les deux et qui différencie les mesures, quand cela est nécessaire, en ajoutant « exacte » ou « approchée ». Cependant, nous considérons que l'emploi du même terme pour deux « objets » différents peut entraîner des difficultés pour l'enseignement et l'apprentissage. Les notions de mesure théorique/empirique sont ainsi pour nous à rapprocher de ce que Chambris appelle des savoirs savants du second ordre (Chambris, 2010) ; c'est-à-dire des savoirs savants adaptés aux besoins de l'enseignement qui, même s'ils sont mathématiquement corrects, diffèrent des savoirs savants utiles à la sphère productrice des savoirs. Ces notions « n'ont pas lieu d'être » dans la sphère savante, elles ne sont pas nécessaires à l'expert pour faire de la physique ou des mathématiques, mais nous faisons l'hypothèse qu'elles sont heuristiques pour le chercheur en didactique, voire pour l'enseignant et les élèves. C'est ce que nous questionnons dans cette communication.

ENJEUX ÉPISTÉMOLOGIQUES ET DIDACTIQUES LIÉS À LA MESURE EN MATHÉMATIQUES ET

EN PHYSIQUE

La distinction que nous proposons entre mesure empirique et mesure théorique permet, dans cette partie, de repenser et de reformuler les différences épistémologiques sur la nature et le rôle de la mesure en mathématiques et en physique, identifiées dans nos études antérieures (Munier et al., 2014 ; 2017).

En mathématiques, seule la mesure théorique est reconnue, même si les mesures empiriques sont présentes dans l'enseignement, notamment lors de l'introduction de la mesure des grandeurs et lorsqu'on s'appuie sur des mesures empiriques pour faire des conjectures en géométrie. En physique, les mesures empiriques sont utilisées pour établir des lois modélisant des relations entre grandeurs ; ces lois pouvant être considérées comme des relations entre les mesures théoriques de ces grandeurs. Le rôle des mesures empiriques n'est donc pas le même dans les deux disciplines : si elles permettent en physique d'établir des lois², en mathématiques,

2 Rappelons que nous nous limitons dans cette étude au cas des lois établies empiriquement à partir de mesures.

elles ne permettent à partir du collège que de faire des conjectures ; les propriétés/ théorèmes devant ensuite être démontrés. Le statut des mesures empiriques est alors différent dans les deux disciplines : en mathématiques, un théorème a un statut de « vérité » dans un système d'axiomes donné, alors qu'une loi en physique est un modèle, avec en particulier des limites de validité.

Nous pouvons également mobiliser cette distinction pour expliciter, « dire et penser autrement » les enjeux épistémologiques et didactiques liés à la mesure et aux incertitudes en mathématiques et en physique (Chesnais & Munier, 2016). Dans l'enseignement obligatoire français, certains enjeux d'apprentissage relèvent de la mesure théorique (notion d'unité, de multiples et sous-multiples de l'unité, sens de la mesure), d'autres de la mesure empirique (usage des instruments, unités conventionnelles, questions de dispersion et d'incertitudes), d'autres enfin du rapport entre les deux. Notamment, il s'agit pour les élèves de construire l'idée même de mesure théorique, dont on peut penser qu'elle « n'existe pas » pour eux au début de la scolarité où la mesure est introduite comme « ce que donne l'instrument ». Un des enjeux est également de résoudre la contradiction apparente entre le fait que, lorsqu'on fixe une unité, il y a unicité de la mesure théorique, tandis que les mesures empiriques sont sujettes à dispersion. Concernant la distinction et l'articulation entre mesure théorique et empirique, il s'agit, notamment pour les élèves, d'apprendre à distinguer les situations dans lesquelles chacune est pertinente et les liens qu'elles entretiennent, ce qui est souvent loin d'être explicite et renvoie à des enjeux d'ordre épistémologique. Par exemple, comprendre qu'une conjecture en géométrie peut s'appuyer sur des mesures empiriques, mais que la démonstration porte sur les mesures théoriques renvoie à la compréhension de la nature de l'activité mathématique ; comprendre que l'on peut conclure à une relation de proportionnalité entre valeurs théoriques en physique alors que les mesures empiriques ne sont pas « exactement » proportionnelles, renvoie à la nature même de l'activité du physicien : l'élaboration de modèles à partir du réel. Un travail sur la dispersion des mesures empiriques et sur l'écart entre aspects empiriques et théoriques de la mesure est ainsi un enjeu, voire un levier potentiel pour travailler sur la notion de modèle, notamment sur la distinction entre modèle et réalité et pour dépasser la « résistance » et le « déni » de la variabilité du monde pointés par Chevillard et Wozniak (2003), en développant un « regard statistique sur le monde », essentiel à l'exercice de la citoyenneté (ibid.), permettant ainsi de travailler des enjeux d'ordre épistémologique plus larges.

ETUDE EMPIRIQUE

DIFFICULTÉS DES ÉLÈVES ET DES ENSEIGNANTS

Pour montrer comment la distinction mesure empirique/théorique permet d'interpréter certaines difficultés rencontrées par les élèves et les enseignants dans des situations de modélisation mettant en jeu des mesures en mathématiques et en physique, nous nous appuyons sur deux exemples³.

Exemple 1 : Dans une séance de physique en classe de 5^{ème}, il s'agit de compléter « l'égalité mystère $1l = ? \text{ dm}^3$ » ; les élèves, après avoir mesuré les arêtes d'une brique de lait de 1l et calculé son volume, ont obtenu $1,026 \text{ dm}^3$. L'enseignant conclut alors, sans davantage de discussion, que « la valeur obtenue étant proche de 1, le volume de la brique est de 1 dm^3 . »

³ Pour des analyses plus poussées concernant ces deux exemples, voir Chesnais et Munier (2015 ; 2020)

L'enseignant néglige ici les incertitudes associées aux mesures empiriques sans l'expliciter et « impose » la valeur théorique sans la justifier. Cela peut conduire les élèves à s'interroger sur l'intérêt de mesurer puisque les mesures qu'ils ont réalisées ne sont pas prises en compte, ou à mettre en cause leurs compétences expérimentales. Nous considérons, en outre, l'absence de discussion sur l'écart entre les valeurs empiriques obtenues et la valeur théorique comme une occasion manquée de travailler la distinction entre modèle et réalité, en mentionnant, par exemple, l'épaisseur des parois du récipient⁴. Cet exemple permet de montrer comment la manière dont sont gérées les mesures empiriques peut susciter des incompréhensions des élèves sur le sens des activités expérimentales en sciences et d'illustrer le fait que les enjeux épistémologiques liés à la mesure ne sont pas toujours saisis par les enseignants⁵.

Exemple 2 : Nous avons demandé à 120 élèves en fin de 6ème de construire un angle ABC de 89° puis de dire si l'angle ABC était droit en justifiant leur réponse. Environ 12 % des élèves mentionnent l'utilisation d'une équerre pour justifier leur réponse (quelle qu'elle soit), et 6 % des élèves répondent que l'angle est droit, avec des justifications du type : « je le sais car un angle droit est de 90° et l'angle ABC est de 89° et ce n'est qu'un degré avant », mobilisant probablement la « règle du 1° près »⁶.

Ces élèves semblent incapables de distinguer les cas dans lesquels la « règle du 1° près » s'applique, c'est-à-dire les cas où l'on attend d'eux une mesure empirique, de ceux où ils doivent raisonner sur des figures géométriques (idéales)⁷ et donc, sur les mesures théoriques. On peut penser que, pour eux, la mesure est (encore) la mesure empirique, ce qui permet d'expliquer qu'ils utilisent l'équerre ou la règle du «à 1° près» pour répondre à la question. Cet exemple montre des difficultés des élèves à construire la notion de mesure théorique et à comprendre la nature des objets qu'ils manipulent. Nous faisons l'hypothèse que de nombreuses difficultés d'enseignement et d'apprentissage résultent en grande partie, comme ici, de la confusion entre les deux significations du mot « mesure », ou tout au moins d'une illusion de transparence de la distinction entre ces deux aspects de la mesure dans l'enseignement.

Notons par ailleurs que de très nombreuses études ont mis en évidence les difficultés importantes des élèves et des enseignants concernant la prise en charge des incertitudes de mesures et donc, la compréhension de ce que nous appelons la mesure empirique (e.g. Séré, 2001 ; Lubben & Millar, 1996 ; Lehrer, 2003 ; Lubben et al., 2001).

ANALYSE DE MANUELS SCOLAIRES

Nous analysons ici, à la lumière de la distinction mesure empirique/mesure théorique, des extraits de manuels scolaires de physique de cycle 4, considérés comme représentatifs de

4 Notons que cela renvoie également à la confusion entre volume et capacité et que les incertitudes persisteraient si on mesurait l'intérieur.

5 On peut penser que les enseignants font des choix en fonction de ce qu'ils identifient comme les objectifs d'apprentissages de la séance (ici l'établissement de la relation $1l=1dm^3$) et des objectifs qui se situent à une autre échelle et qui à l'instant t peuvent apparaître comme moins prioritaires.

6 Cette « règle », classiquement utilisée en classe, est liée à l'usage du rapporteur, c'est-à-dire au mesurage empirique.

7 Et non sur des dessins qui les représentent. La distinction entre figures géométriques et leurs représentations (dessins) est un enjeu du passage de la géométrie de l'école (instrumentée) à la géométrie de la démonstration (Houdement & Kuzniak, 2000).

certaines pratiques de classes⁸. Nous tentons d'une part, de voir si ces manuels prennent en charge les enjeux liés à la mesure, pointés précédemment, d'autre part, d'identifier des difficultés potentielles résultant de l'amalgame entre les deux aspects de la mesure. Nous entendons par amalgame le fait de traiter les mesures empiriques comme si elles étaient exactes et sans dispersion, c'est-à-dire comme des mesures théoriques, et le fait de faire comme si les mesures théoriques étaient accessibles par le mesurage empirique.

Nous ne visons pas une analyse exhaustive, mais nous tentons d'illustrer, à l'aide d'extraits de manuels, la manière dont notre cadre théorique permet de caractériser des problématiques liées à la prise en charge des différents aspects de la mesure par ces manuels.

Le corpus étudié comprend 7 manuels de cycle 4 parmi les plus courants⁹. Nous avons ciblé notre étude sur l'introduction des instruments de mesure des grandeurs volume, masse, intensité et tension, sur la détermination des températures de changement d'état et l'établissement de la loi d'Ohm. Nous avons également étudié, dans les manuels qui en comprenaient, les « fiches méthode ». Nous regardons la manière dont sont introduites les mesures empiriques des différentes grandeurs, si la dispersion des mesures empiriques est prise en charge, voire utilisée comme levier pour travailler la distinction modèle réalité, et la manière dont est géré l'écart entre valeurs empiriques et théoriques.

La grande majorité des manuels (5/7) ne prend pas (ou peu) en charge la question des incertitudes lors de l'introduction des instruments. Deux manuels évoquent les incertitudes dans des « fiches méthodes » sur la mesure de certaines grandeurs (mais pas toutes) en fin de manuel, mais un seul y fait référence dans le corps du manuel. Le travail sur les causes de dispersion est quasi inexistant, la seule cause évoquée (dans 2 manuels sur 7) étant l'instrument. Les élèves ne sont jamais confrontés à la répétition de N mesures d'une même grandeur¹⁰.

Lors de la détermination des températures de changement d'état et de l'établissement de la loi d'Ohm, les manuels prennent appui sur des mesures empiriques réalisées par des élèves et/ou sur des mesures soi-disant empiriques données dans le manuel. Il n'y a pas de répétitions des mesures prévues¹¹.

Concernant les changements d'état, lorsque des mesures soi-disant empiriques sont données dans le cours ou les exercices (dans 5 manuels sur 7), elles correspondent systématiquement à la valeur théorique, alors que la réalisation effective de ces mesures en classe ne conduit pas, la plupart du temps, à cette valeur. Nous considérons que, dans ces situations, les aspects empiriques et théoriques de la mesure sont « amalgamés », ce qui peut générer de l'incompréhension chez les élèves si des mesures empiriques sont effectivement réalisées en classe et ne conduisent pas aux mêmes valeurs (cf. exemple 1).

En revanche, dans le cas de la loi d'Ohm, lorsque des mesures « soi-disant empiriques » sont données (dans 6 manuels sur 7), elles ne « tombent pas juste » dans 5 manuels sur les 6, c'est-à-dire que mesures empiriques et théoriques ne sont pas « amalgamées » au sens défini plus

8 Pour l'analyse des manuels de mathématiques, voir Chesnais et Munier (2016, 2020)

9 Editeurs Belin, Bordas, Hachette, Hatier, Le livre scolaire, Magnard, Nathan

10 Hormis dans la fiche méthode d'un des manuels

11 Même si elles peuvent apparaître lors du déroulement si plusieurs groupes d'élèves réalisent les mêmes mesures.

haut. Pour le manuel fournissant des valeurs qui « tombent juste », en revanche, les mesures empiriques et théoriques (la réalité et le modèle) sont assimilées. Pour les 5 autres, le modèle est « plaqué » rapidement¹² avec peu ou pas de justification et de réflexion sur les causes de dispersion et sur l'écart entre modèle et réalité.

On trouve, dans 3 manuels sur 7, des exercices qui amalgament mesures empiriques et théoriques, conduisant à des tâches absurdes sur le plan épistémologique (ex. Fig. 1).

9 Valeur de la résistance

Pour un même conducteur ohmique, on réalise un tableau de mesures :

U (V)		4	6	12
I (mA)	75		250	

- Déterminer la valeur de la résistance R du conducteur.
- Recopier et compléter le tableau.

Figure 1. : Exercice amalgamant mesures empiriques et théoriques

Dans cet exercice, la consigne laisse supposer que le tableau contient des valeurs empiriques (mesure dans ce contexte renvoyant pour le physicien et probablement pour les élèves, à la mesure empirique), mais pour pouvoir réaliser la tâche, il faut traiter ces mesures comme des mesures théoriques. Notons qu'un manuel propose dans une tâche semblable de compléter le tableau avec des « valeurs plausibles » : ceci permet de suggérer un échange en classe sur la distinction entre les valeurs empiriques (que pourrait produire un mesurage) et les valeurs théoriques (que l'on peut obtenir en utilisant la loi), ce qui est plus cohérent sur le plan épistémologique.

Ces analyses montrent que les enjeux liés à la mesure empirique sont très peu pris en charge par les manuels de physique. Les incertitudes sont même gommées quasiment systématiquement lors de l'introduction des instruments de mesure. Dans la très grande majorité des cas, la dispersion des mesures n'est pas utilisée comme levier pour donner du sens à l'activité de modélisation. Dans la plupart des manuels, les natures empirique et théorique des mesures sont confondues, et les activités proposées dans les manuels peuvent même être considérées comme sources potentielles de confusion à la fois sur les objets manipulés et sur la nature et les objectifs mêmes de la démarche. Cela nous semble « contreproductif » pour le développement de la vision des sciences des élèves tel qu'il est prescrit en France depuis 2008 au collège en tant qu'enjeu de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation.

DISCUSSION

Nos analyses montrent que la différenciation que nous proposons entre mesure empirique et théorique permet d'interpréter certaines difficultés des élèves et enseignants et de mettre en évidence des incohérences dans la manière de gérer les aspects empiriques et théoriques de la mesure, ainsi qu'une très faible prise en compte des enjeux spécifiques liés à la mesure empirique, et plus largement, des enjeux épistémologiques liés à la mesure. Des analyses similaires ont été menées sur des manuels scolaires de mathématiques (Chesnais & Munier, 2016 ; 2020), qui conduisent aux mêmes conclusions.

¹² Un manuel mentionne que la proportionnalité est souvent utilisée pour modéliser des lois physiques.

Les notions de mesure empirique/théorique se révèlent donc heuristiques pour analyser des phénomènes d'enseignement apprentissage. Au-delà de leur intérêt pour le chercheur, nous considérons que ces notions pourraient outiller les enseignants et conduire à un enrichissement de leurs pratiques, notamment parce qu'elles permettent de clarifier les enjeux épistémologiques et didactiques liés à la mesure qui ne sont explicités ni dans les instructions officielles ni dans la littérature en didactique de la physique et des mathématiques (Chesnais & Munier, 2016).

Nous faisons également l'hypothèse que distinguer explicitement mesure empirique et mesure théorique en classe pourrait constituer un outil didactique pour limiter les difficultés d'apprentissage et d'enseignement évoquées plus haut et permettre une prise en charge des enjeux épistémologiques liés à la mesure de manière plus cohérente et plus efficace. Cette distinction permettrait, notamment, de travailler sur l'écart et la distinction entre modèle et réalité, souvent passé sous silence et ainsi de mieux comprendre ce qui se joue au sein de chaque discipline et ce qui les différencie, pour lever les contradictions apparentes et travailler sur les fondements épistémologiques des deux disciplines. Cependant, la question des modalités pratiques de cette distinction et des outils langagiers qui la supporteraient, reste largement à explorer. Nous expérimentons actuellement, dans le cadre d'un travail collaboratif avec des enseignants, la faisabilité d'une opérationnalisation de cette distinction dans les classes (Chesnais & Constantin, 2020). De premiers résultats de cette expérimentation pourront être présentés lors des journées.

BIBLIOGRAPHIE

- Bureau International des Poids et Mesures. (2008). http://www.bipm.org/utls/common/documents/jcgm/JCGM_200_2008.pdf
- Chesnais, A. & Munier, V. (2016). *Actes du Séminaire national de didactique des mathématiques 2014-2015*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Chesnais, A. & Constantin, C. (2020). *Developing new discourses to deepen students' conceptual understanding in mathematics*. Communication at the 7th ETC 'Language in the Mathematics Classroom' (Montpellier, February, 18th-21th).
- Chevallard, Y. & Wozniak, F. (2003). Enseigner la statistique au secondaire. Entre genre prochain et différence spécifique. In A. Mercier & C. Margolinas (Eds). *Balises pour la didactique des mathématiques*, (pp. 195-218). Grenoble : La Pensée sauvage.
- Houdement, C. & Kuzniak, A. (2000). Formation des maîtres et paradigmes géométriques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 20(1), 89-116.
- Gaidioz, P. & Tiberghien, A. (2003). Un outil d'enseignement privilégiant la modélisation. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 97 (850), 71-83.
- Lehrer, R. (2003). Developing understanding of measurement. In J. Kipastrick, W.G. Martin, & D.E. Schifter (Eds.), *A research companion to principles and standards for school mathematics*. (pp. 197-192). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Lubben, F. & Millar, R (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955-968.
- Lubben, F., Campbell, B., Buffler, A. & Allie, S. (2001). Point and Set Reasoning in Practical Science Measurement by Entering University Freshmen. *Science Edu-*

- cation*, 85(4), 311-327.
- Méheut, M. (1996) Enseignement d'un modèle particulière cinétique de gaz au collège. Questionnement et simulation. *Didaskalia*, 8, 7-32.
- Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse (France). (2015). *Programmes d'enseignement de l'école élémentaire et du collège. Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015*.
- Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse (France). (2019). *Programmes d'enseignement du lycée général et technologique. Bulletin officiel spécial n°8 du 25 juillet 2019*.
- Munier, V., Chesnais, A. & Molvinger, K. (2014). *Mesure et incertitudes en mathématiques et en physique à la transition école-collège : éléments d'épistémologie et difficultés des élèves*, Actes des 8èmes rencontres de l'ARDIST, Marseille, 12-14 mars 2014, Skholê, 18(1), 451-458.
- Munier, V., Chesnais, A. & Molvinger, K. (2017). La mesure en mathématiques et en physique : enjeux épistémologiques et didactiques. In M. Bächtold, V. Durand-Guerrier & V. Munier (Eds), *Epistémologie et didactique : synthèses et études de cas en mathématiques et en sciences expérimentales* (pp. 95-111). Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté.
- Perdijon, J. (2012). *La mesure, histoire, sciences et technique*. Paris : Vuibert.
- Robinault, K. (2018). *Analyse des interactions en classe de physique. Le geste, la parole et l'écrit*. Paris, France : l'Harmattan.
- Séré, M. G., Journeaux, R. & Larcher, C. (1993). Learning the statistical analysis of measurement errors. *International Journal of Science Education*, 15(4), 427-438.
- Séré, M. G., Winther, J., Le Maréchal J.F. & Tiberghien, A. (2001). Le projet européen «Labwork in Science Education» Bilan et perspectives. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 839, 1727-1740.
- Tiberghien, A., Buty, C. & Le Maréchal, J.-F. (2003). La modélisation, axe prioritaire d'une approche théorique sur les relations entre apprentissage et enseignement. In V. Albe, C. Orange & L. Simonneaux (Eds), *Actes des 3èmes rencontres scientifiques de l'ARDIST « Recherches en didactique des sciences et des techniques : Questions en débat »* (pp. 309-314). Toulouse : ENFA.
- Walliser, B. (1977). *Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse de systèmes*. Paris : Editions du Seuil.

DIFFÉRENTIATION SCOLAIRE AU SEIN DE GROUPES D'ÉLÈVES EN ACTIVITÉ EN PHYSIQUE UNE ANALYSE EN TERMES D'AGENTIVITÉ ET D'ACTION CONJOINTE

David Cross¹, Andrée Tiberghien²

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation (LIRDEF)
Université Paul-Valéry - Montpellier 3, Université de Montpellier : EA3749

2 : Interactions, Corpus, Apprentissages, Représentations (ICAR)
École Normale Supérieure [ENS] - Lyon, INRP, Ecole Normale Supérieure Lettres et Sciences
Humaines, Université Lumière - Lyon II, CNRS : UMR5191

Résumé : Plusieurs travaux montrent que les implicites dans l'enseignement constituent, en particulier pour les élèves en difficulté, des obstacles à la construction des liens entre les diverses activités proposées en cours et les enjeux effectifs de l'enseignement sur lesquels les élèves seront évalués en générant des « malentendus » (Bautier et Rochex, 1997). Nous proposons d'étudier la façon dont des implicites dans les pratiques de classe sont en jeu de manière différenciée dans l'activité des élèves, ceci conduisant in fine à des apprentissages différenciés. Pour cela, nous analysons l'activité de petits groupes d'élèves en classe lors de la réalisation de tâches de physique. Notre cadre théorique articule les notions de contrat et milieu didactiques avec le concept d'agentivité. Nos résultats montrent que les élèves au sein des groupes se positionnent différemment par rapport au savoir, ce qui peut amener à des apprentissages potentiellement différents.

Mots-clés : Différenciation, travail de groupe, agentivité, milieu, contrat didactique

SCHOOL DIFFERENTIATION WITHIN STUDENT GROUPS IN PHYSIC'S ACTIVITY AN ANALYSIS IN TERMS OF AGENCY AND JOINT ACTION

Abstract : Several studies show that implicits in teaching constitute, especially for students in difficulty, obstacles to the construction of the links between the various activities in the classroom and the actual stakes of the teaching on which the pupils will be evaluated by generating « misunderstandings » (Bautier and Rochex, 1997). We study the way in which implicits in class practices are at play in a differentiated way in students' activity, leading ultimately to differentiated learning. For this we analyze the activity of small groups of students in class when performing physics tasks. Our theoretical framework articulates the notions of contract and didactic milieu with the concept of agency. Our results show that students in groups position themselves differently in relation to knowledge, which can lead to potentially different learning outcomes.

Keywords : Differentiation, Groupe Work, Agency, Milieu, Didactic Contract

INTRODUCTION

Les activités en classe des élèves en difficulté ont été étudiées selon plusieurs approches : didactique, sociologique, linguistique ou psychologique (Rochex & Crinon, 2011). Les travaux de recherche actuels montrent que :

- les élèves en difficulté ne disposent pas de toutes les compétences ou attitudes a priori nécessaires pour pouvoir tirer le bénéfice attendu des activités diversifiées et ouvertes (dans lesquelles une grande part d'autonomie est demandée), proposées par les enseignants ;
- des stratégies d'accompagnement différenciées peuvent enfermer ces élèves dans des apprentissages procéduraux et contextualisés, sans leur permettre de construire des significations et des compétences transférables (Rochex & Kerhoubi, 2004).

Plusieurs travaux montrent que les implicites dans l'enseignement constituent, en particulier pour les élèves en difficulté, des obstacles à la construction des liens entre les diverses activités proposées en cours et les enjeux effectifs de l'enseignement sur lesquels les élèves seront évalués en générant des « malentendus » (Bautier & Rochex, 1997). Nous proposons d'étudier la façon dont des implicites dans les pratiques de classe sont en jeu de manière différenciée dans l'activité des élèves, ceci conduisant in fine à des apprentissages différenciés. Pour cela, nous analysons l'activité de petits groupes d'élèves en classe, lors de la réalisation de tâches de physique.

CADRE THÉORIQUE

Pour approcher les implicites dans l'activité différenciée des élèves, nous faisons appel à deux approches théoriques que nous combinons : l'agentivité et la théorie de l'action conjointe en didactique.

Varelas *et al.* (2015) notent que les recherches sur l'enseignement des sciences se penchent de plus en plus sur la relation entre, d'une part, l'apprentissage et l'engagement dans l'apprentissage et, d'autre part, l'appartenance et le devenir des élèves au sein du milieu socioculturel de la classe. Pour cela, ces auteurs étudient la relation entre une structure sociale et l'agentivité. La structure est définie comme l'ensemble des règles sociales qui donnent leurs formes et sont définies par les pratiques sociales dans un domaine. Ces règles sociales entretiennent une relation dialogique avec les ressources disponibles ; ces ressources étant définies comme les sources de pouvoir dans le domaine en question. Nous avons choisi une définition qui tient compte de l'importance jouée par la structure sociale dans l'agentivité d'une personne ou d'un groupe. À la suite de Arnold et Clarke (2014), nous définissons l'agentivité comme le fait, pour une personne ou un groupe, de se positionner comme étant responsable de son discours et plus largement, de ses productions verbales et non verbales. Ce positionnement n'est pas prédéterminé et peut donc évoluer en fonction du contexte.

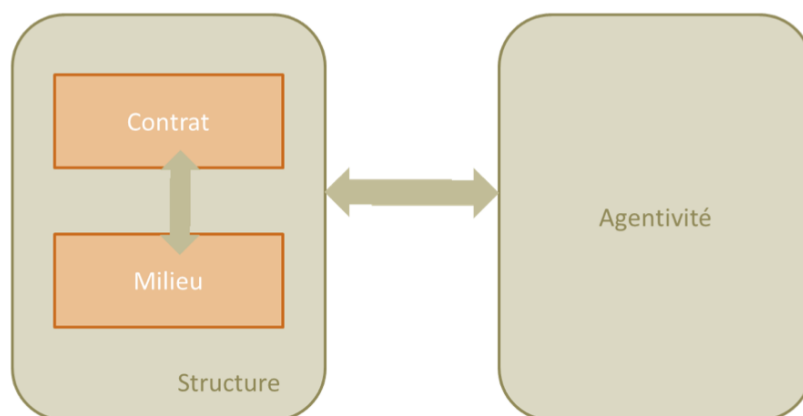


Figure 1 : Relation entre milieu et contrat, qui forment la structure, et l'agentivité

Dans une certaine mesure, il est possible de faire un parallèle entre ce champ de recherche et les recherches francophones (voir figure 1), notamment celles se situant dans le champ de la théorie de l'action conjointe en didactique. Ainsi, la structure a des liens avec le contrat-milieu ; le contrat étant l'ensemble des règles, des normes et des habitudes sous-jacentes aux actions interdépendantes des élèves et du professeur et le milieu, l'ensemble des ressources matérielles ou symboliques que peuvent utiliser les acteurs pour résoudre les problèmes/questions qu'ils se posent. Le contrat est rattaché à la notion de dévolution, puisque celle-ci correspond à un partage particulier des responsabilités selon lequel l'enseignant donne à l'élève la responsabilité vis-à-vis du savoir.

Ici, il est nécessaire de préciser la signification de savoir dans ce contexte. Le savoir d'un individu ou d'un groupe se manifeste dans leur pouvoir d'agir, dans l'usage. Ce pouvoir d'agir ou cet usage sont indicibles, ils ne peuvent se manifester que dans l'action dans un contexte particulier. Ceci permet de préciser la dévolution comme le propose Sarrazy (2007). Celle-ci est intrinsèque à toutes démarches d'enseignement puisque le texte du savoir enseigné ne peut englober son usage : ce qui doit être appris est indicible. De ce point de vue, les « implicites » sont constitutifs, par nature, des processus d'enseignement-apprentissage. L'agentivité, pour un élève, est ainsi de se positionner comme responsable dans cet espace de liberté (déterminé par le contrat-milieu) à l'égard d'un certain usage dans la réalisation des tâches. On peut alors relier agentivité et dévolution. Cette approche présente une certaine proximité avec les travaux de Schubauer-Léoni (1996) sur le contrat différentiel, en articulant ce qui relève de l'individuel et du collectif. Les points de départ nous semblent cependant différents : si le contrat différentiel (et la dévolution) part du collectif (les interactions enseignant-élèves) pour rendre compte de l'individuel, la notion d'agentivité cherche à expliquer l'individu en contexte.

La question qui nous préoccupe dans cette recherche n'est pas de savoir si les élèves « ont » de l'agentivité, mais plutôt de rendre compte de la façon dont les élèves mettent en œuvre leur agentivité pour se positionner en fonction des espaces de liberté qui leur sont offerts par le processus de dévolution, pour rendre compte des usages spécifiques du savoir à chaque élève ou groupe d'élèves.

MÉTHODE

Nous avons procédé à l'enregistrement vidéo de deux enseignements en classes de physique en seconde, portant sur la même séquence : les phénomènes périodiques. Cette séquence a été conçue au sein d'un groupe de recherche collaborative (Tiberghien & Vince, 2018) auquel participent les deux enseignants des classes observées.

Trois caméras étaient disposées dans la classe, une au fond et qui suit les mouvements de l'enseignant et deux devant, qui filment deux groupes d'élèves chacune. À l'aide de neuf micros sans fils au total, nous pouvons suivre l'activité de quatre groupes d'élèves et de l'enseignant, pour chacune des séances. Une grande partie des enregistrements vidéo a été transcrite.

Du point de vue de l'analyse, nous opérons à différentes échelles. Premièrement, une structuration thématique de l'ordre de la dizaine de minutes à partir de la vidéo « enseignant ». Puis, pour l'analyse des vidéos élèves pendant les travaux en petits groupes, nous faisons :

- un découpage en sous-thèmes pour rendre compte de l'avancée différente du savoir au sein des groupes d'élèves ; ces épisodes sont de l'ordre de la minute ;
- un découpage « microscopique » du point de vue du positionnement de chaque élève dans les espaces de liberté du travail en petits groupes observés. Nous identifions des « micro-épisodes » lors desquels les élèves occupent une position donnée (du point de vue de l'agentivité), en fonction du savoir en jeu et bien sûr, de la situation.

ANALYSES ET RÉSULTATS

Pour illustrer nos analyses, nous prenons le cas de deux binômes d'élèves appartenant aux deux classes observées. Nous avons sélectionné des extraits du travail en petit groupe qui a lieu au début de la première activité de la séquence. Le professeur montre trois dispositifs (un pendule dont la diminution de l'amplitude d'oscillations est visible dans le temps (quelques minutes), la membrane d'un haut-parleur et un disque qui tourne de manière irrégulière). Les élèves doivent identifier, parmi ces trois mouvements, lequel est périodique et justifier leur choix. Les tableaux 1 et 2 illustrent nos analyses sur des deux groupes d'élèves travaillant à la réalisation de la tâche. Notre analyse repose sur l'identification, à partir des productions verbales, des positions de chacun des élèves du groupe. Ces positions, stables sur un temps court, définissent un « micro-épisode ». Le savoir en jeu est pris en compte par un découpage en sous-thèmes. Le découpage en sous-thèmes et en micro-épisodes n'est pas linéaire, mais se fait conjointement et par aller-retours successifs entre catégorisation et données empiriques.

Sous-thème	Micro-épisode Position de chaque élève	Locuteur	Productions verbales
Sous-thème 1 Qu'est-ce qu'un motif ?	Micro-Episode 1 E2: demande d'aide pour une définition E1: répondre à la demande de E2 car pour lui, c'est facile	E1	ça c'est un peu facile quand même
		E2	c'est quoi le motif d'un mouvement
		E1	si c'est un mouvement circulaire heu je suppose

Sous-thème 2 Quel mot pour décrire le mouvement du haut-parleur ?	Micro-Episode 2 E2: demande d'aide pour du vocabulaire E1: répond à la demande	E2	ça se dit un (inaudible)
		E1	quoi
		E2	un courbement ça se dit ou pas
		E1	dans ce cas tu dirais une parabole
	E2	(inaudible) tout ce qui se courbe c'est pas	
	Micro-Episode 3 E1: tente de positionner le groupe sur un jeu de description du mouvement comme évident E2: refuse le positionnement de E1	E1	Non, là ça courbe pas c'est des hauts et des bas en fait donc c'est plus une action de (inaudible)
		E2	je te demande le mot, c'est tout
	Micro-Episode 2 bis (similaire à Ep2)	E1	le courbement non ça se dit pas

Tableau 1 : Verbatims et analyse d'un extrait d'échanges entre deux élèves E1 et E2 d'un groupe de la classe 1

Dans cet extrait, E2 demande de l'aide à E1, dans un premier temps, pour une définition. E1, sans répondre à la question, se positionne dans une posture de « facilité » par rapport au savoir en jeu (Micro-épisode 1). Dans le micro-épisode suivant, E2 demande à nouveau de l'aide à E1, cette fois-ci, pour un mot de vocabulaire pour décrire le mouvement de la membrane du haut-parleur. E1 tente de positionner le groupe sur un jeu de description du mouvement de la membrane du haut-parleur, mais E2 ne permet pas à E1 de discuter de la description du mouvement ou de savoir si celui-ci est périodique. La responsabilité par rapport au savoir est individuelle (d'ailleurs l'échange (hors extrait) se termine par E2 qui répond « on verra ».).

Sous-thème	Micro-épisode Position de chaque élève	Locuteur	Productions verbales
Sous-thème 1 : Quel est le mouvement périodique ?	Micro épisode 1 : E1: fait des propositions sur la périodicité d'un ou deux dispositifs E2 : prend la position de demander des justifications aux propositions de E1 ou est sceptique sur les propositions	E1	ben le disque qui tourne, déjà, il l'est pas, clairement hein
		E2	et pourquoi ?
		E1	parce que c'est évident
		E2	oui, merci, mais il faut avancer des arguments
		E1	oui mais après je pense que c'est la basse enfin la membrane du haut-parleur
Sous-thème 2 : un phénomène périodique, c'est récurrent et régulier		E	E (fille devant) c'est quoi, un phénomène périodique ?
			(inaudible) (un élève propose les règles) (inaud.)
		E1	c'est récurrent et c'est régulier. C'est un super exemple
		E2	merci Julien
Sous-thème 3 : lien (E1) ou non (E2) entre disciplines (physique, chimie, SVT)		E1	mais le pire c'est qu'en plus, c'est vrai. En SVT, quand tu l'étudiais, qu'est-ce que tu disais ? Tu disais que c'était périodique donc c'est totalement
		E2	sauf que là, on est en physique-chimie
		E1	<i>et alors</i> ? Justement, on peut faire des liens. On peut faire des ponts entre les matières tu vois alors le pendule il revient
Sous-thème 3 : description du mouvement avec des onomatopées et en termes de régularité	Micro-épisode 2 : E2 : change de positionnement, il fait une contribution en termes de description/interprétation et non de demande d'argument	E2	oui, parce qu'en fait, logiquement, le pendule fait « zou, zou » (fait un geste d'aller retour) puis ensuite, tu as à nouveau une nouvelle période
		E1	ben ouais oui, mais la membrane elle fait du du du (trace sur une feuille) tu vois c'est pareil, ça avance, ça recule, ça avance, ça recule. C'est juste que c'est beaucoup plus rapide
Sous-thème 4 : Quelle situation étudie-t-on? Situation présente ou l'ensemble des possibles (E1)	E1 : garde la même position : faire des propositions	E2	mais tu n'as pas de changement
		E1	non ben on ne sait pas, après, ça dépend de la musique. Là, s'il met un truc régulier, oui.
		E2	(inaudible)
		E1	s'il met de l'électro, forcément, ça sera plus régulier. Donc ça dépend Bon, déjà, on est d'accord que le disque qui tourne avec un repère, ce n'est pas périodique

Sous-thème 5 : Argument à trouver	Micro-épisode 3 (en partie identique au 1) :	E	E (fille de devant) Sérieusement, à votre avis, c'est lequel, l'exception ?
		E1	C'est la membrane
	E2 : demande des arguments	E	E (fille devant) ok j'allais dire pareil
			(inaudible)
		E2	ben non
		E	E (fille devant) ben si, c'est ça
		E	E si, c'est ça

Tableau 2 : Verbatims et analyse d'un extrait d'échanges entre deux élèves E1 et E2 d'un groupe de la classe 2

Dans l'extrait 2, les élèves E1 et E2 se positionnent tous les deux comme responsables vis-à-vis du savoir, mais en jouant différemment. Pour E1, il s'agit de se prononcer par rapport au dispositif qui est périodique sur le registre de l'évidence (rappelons que c'est la première activité d'un nouveau chapitre ; à ce moment, les élèves n'ont pas d'éléments théoriques pour se prononcer). Pour E2, en revanche, il s'agit de mettre en œuvre une règle de la structure qui est de se référer aux définitions et d'argumenter (règle établie dans la classe au préalable) afin de pouvoir répondre à la question. Il commence par demander la définition de périodique (préalable à l'extrait) puis insiste sur le fait qu'il faut des arguments. Les élèves de ce groupe vont entreprendre une négociation autour du jeu à jouer pour répondre à la consigne de l'enseignant, ce qui les amène à expliciter à plusieurs reprises leur positionnement (E1 : « c'est évident », E2 : « il faut argumenter »). Il s'agit, certes, de positions différentes qui manifestent que les deux élèves ne jouent pas tout à fait au même jeu : se prononcer en cherchant des évidences ou bien chercher à comprendre ce qui permettrait de se prononcer. Un jeu commun va être négocié à la suite d'un micro-épisode, lors duquel chacun des élèves rend explicite que la position qu'il occupe est celle attendue par l'institution :

E1 arrête de faire voir que tu es sérieux.

E2 Je le suis.

E1 bien sûr, oui. Évidemment. Juste à voir ta tête, on voit que tu n'es pas sérieux

E2 Toi, tu n'es vraiment pas sérieux ?

E1 Moi ? Mec, je suis super sérieux, j'essaie de travailler, tu me perturbes dans mon travail

E2 Moi, je te perturbe ?

E1 Oui. Pour toi, c'est quoi, alors, qui est périodique ? Vas-y, énonce tes arguments

À la suite de cet échange, E1 va mettre E2 en position de se prononcer sur le mouvement périodique et d'avancer des arguments ; ce qui correspond quelque peu à une inversion des positions occupées jusqu'à présent (en lui faisant jouer à son propre jeu). Ils finissent par se mettre d'accord sur une description des différents mouvements, préalable nécessaire pour se prononcer sur le mouvement qui est périodique.

Ces deux extraits montrent comment deux groupes d'élèves se saisissent différemment d'une consigne pourtant proche. Les jeux de positionnement de chacun des élèves dans les deux groupes amènent le premier groupe à mener une activité qui se réduit à chercher du vocabulaire, alors que le deuxième groupe est dans une dynamique de description du mouvement et d'exploration du contrat-milieu lui permettant de construire une réponse à la question.

DISCUSSION

Les différentes dynamiques de groupes que nous avons mises en évidence sont, en partie, liées à l'action de l'enseignant.

Dans le premier exemple (classe 1), l'enseignant fait d'abord travailler les élèves individuellement pendant quelques minutes, puis les met en groupes pour « comparer les résultats » pendant 5 minutes. L'enseignant du deuxième exemple (classe 2), fait travailler, dès le début, les élèves en groupes. Ces derniers disposent de beaucoup plus de temps de travail en groupes (40 minutes). La structure (contrat-milieu) est donc différente dans ces deux classes. Ceci étant, les analyses d'un autre groupe de la classe 1, montrent une discussion sur la description du mouvement. Les positions adoptées sont proches de celles que l'on retrouve dans l'exemple 2 : un élève discute de la proposition de son camarade en apportant des arguments. Les premières analyses des séances suivantes laissent penser que ces dynamiques de groupes sont relativement stables ; ce qui peut être interprété comme une stabilité de la structure ou bien de caractéristiques, du point de vue de l'agentivité, des groupes d'élèves.

Pour l'extrait 2, les positionnements de E1 et E2 peuvent être associés à des implicites relatifs ; ce qui est pour chacun, l'attente du professeur (contrat didactique) : E1 met en avant l'importance de trouver une réponse alors que E2 met l'accent sur l'importance de l'argumentation. De la même façon, pour l'extrait 1, le positionnement de E1 peut être associé au fait que la réponse individuelle est essentielle et que le processus de discussion n'est pas valorisé. Pour E2, la réponse individuelle est importante mais un camarade peut aider en donnant sa réponse.

Pour conclure, notre approche nous semble pertinente pour comprendre des effets différenciateurs sans se limiter à des caractéristiques déterminées des élèves, mais bien à des individus agissant en contexte. Notre point de vue est pragmatiste, en ce que les positions de chacun des élèves que nous étudions sont le résultat de la rencontre d'un groupe d'élèves avec un élément de savoir mis en scène par le professeur.

BIBLIOGRAPHIE

- Arnold, J. & Clarke, D. (2014). What is 'Agency'? Perspectives in Science Education Research. *International Journal of Science Education*, 36(5), 735-754, DOI: 10.1080/09500693.2013.825066
- Bautier, E. & Rochex, J.-Y. (1997). Ces malentendus qui font les différences. In J.-P. Terrail. *La scolarisation de la France, Critique de l'état des lieux*, Paris, La Dispute, pp. 105-122.
- Rochex, J.-Y., & Kheroubi, M. (2004). La recherche en éducation et les ZEP en France. Apprentissage et exercice professionnel en ZEP : résultats, analyse, interprétations. *Revue Française de Pédagogie*, 146, 115-190.
- Rochex, J.-Y. & Crinon, J. (2011). *La construction des inégalités scolaires. Au cœur des pratiques et des dispositifs d'enseignement*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Sarrazy, B. (2007). Ostension et dévolution dans l'enseignement des mathématiques : Anthropologie wittgensteinienne et théorie des situations didactiques. *Éducation & didactique*, 1(3), 31-46.
- Schubauer-Leoni, M.-L. (1996). Étude du contrat didactique pour des élèves en difficulté en mathématiques. In C. Raisy & M. Caillot. *Au-delà des didactiques la didactique : débats autour de concepts fédérateurs*, 159-189.

- Tiberghien, A., & Vince, J. (2018). Collaboration enseignants-chercheurs dans la construction de ressources pour l'enseignement et la formation en physique : Le cas du site PEGASE. *Cahiers du Laboratoire de Didactique André Revuz*, *19*, 65-75.
- Varelas, M., Settlage, J. & Mensah, F. M. (2015). Explorations of the structure–agency dialectic as a tool for framing equity in science education. *J. Res. Sci. Teach*, *52*, 439-447.

ÉDUCATION À LA CITOYENNETÉ CRITIQUE

CONTRIBUTION DE LA DÉMARCHE D'ENQUÊTE SUR DES CONTROVERSES

DANS DEUX CURRICULUMS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

Nadia Cancian¹, Amélie Lipp¹,

1 : Education, Formation, Travail, Savoirs (EFTS)

École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole de Toulouse-Auzeville,
Université Toulouse - Jean Jaurès : UMR_MA122

Résumé : Délibération démocratique et actions citoyennes constructives sont centrales pour élaborer des réponses aux défis sociétaux actuels. Cette communication analyse, via la méthode de la matrice curriculaire, la contribution de deux curriculums de l'enseignement agricole, rénovés en 2017 et 2019 (baccalauréat professionnel et technologique), à une éducation à la citoyenneté critique (ECC) définie par quatre dimensions (politique, sociale, réflexive, engagement) à partir du repérage de la visée d'ECC, des tâches et des questions socialement vives (QSV) proposées. La contribution de la démarche d'enquête sur des QSV (issue du projet européen PARRISE) à cette « éducation à » est analysée. Les résultats montrent une forme d'ECC majoritairement ancrée sur des dimensions sociales et réflexives. La dimension politique est quasi absente. Le curriculum du baccalauréat professionnel a une dimension d'engagement plus affichée. La démarche d'enquête peut constituer un cadre méthodologique chez les enseignants pour développer des dimensions éducatives moins bien prises en charge dans la prescription.

Mots-clés : éducation à la citoyenneté critique, démarche d'enquête, questions socialement vives, enseignement agricole, curriculum

CRITICAL CITIZENSHIP EDUCATION

A CONTRIBUTION OF THE SOCIALLY ACUTE QUESTIONS INQUIRY BASED LEARNING APPROACH IN TWO CURRICULA OF AGRICULTURAL EDUCATION

Abstract : Developing responses to current societal challenges relies on democratic deliberation and constructive citizen actions. This paper aims to study the contribution of two curricula of agricultural education, renovated in 2017 and 2019 (vocational and technological baccalaureate), to a critical citizenship education (CCE) defined by four dimensions (political, social, reflective, empowerment) based on the identification of CCE aim, tasks and socially acute questions (SAQ) proposed. The contribution of the socially acute questions inquiry based learning approach to this project is explored too. The results show a form of critical citizenship education mainly anchored on social and reflective dimensions. The political dimension is almost absent. The vocational baccalaureate curriculum has a more visible empowerment dimension. The socially acute questions inquiry based learning approach can constitute a methodological framework for teachers in order to develop educational aspects less well supported in the prescription.

Keywords : critical citizenship education, inquiry based learning approach, socially acute questions, agricultural teaching, curriculum

Les défis sociétaux à l'ère de l'anthropocène sont nombreux et interpellent fréquemment le secteur de la production agricole. Les demandes sociétales adressées à l'agriculture sont fortes en termes de reconnexion de l'alimentation à la production, d'atténuation des changements globaux, de préservation des ressources, de dignité animale et de santé publique.

Le ministère en charge de l'agriculture promeut l'agroécologie pour renouveler l'inscription de l'agriculture dans le développement durable. Le plan d'action ministériel « enseigner à produire autrement » structure dans ce sens, depuis 2014, la politique éducative pour l'enseignement agricole, en particulier via la rénovation des curriculums. La visée d'une éducation citoyenne critique pour répondre à cet enjeu est privilégiée. Toutefois, la polysémie des notions d'agroécologie et de citoyenneté soulève de nombreuses questions et débats. Quelles sont les dimensions de l'agroécologie retenues pour prioriser les voies d'action (dimension écologique et environnementale, dimension économique et sociale ou dimension humaniste) (Frère, 2017) ? Comment, face aux urgences des défis actuels, les élèves sont-ils préparés à se mettre en mouvement « dans des chemins non écrits d'avance ou par d'autres » et à construire « un sentiment d'exigence vis-à-vis de soi et des autres » pour un nouveau projet de société emprunt de justice sociale (Lange, 2018) ?

La didactique des questions socialement vives (QSV) développe des recherches sur l'élaboration d'une démarche d'enquête sur une QSV visant à soutenir une éducation citoyenne critique (Simonneaux *et al.*, 2017). Les différentes phases de cette démarche (que nous développerons par la suite) peuvent représenter des balises curriculaires (Lange, 2018) pertinentes à étudier afin d'analyser la cohérence entre la visée d'éducation citoyenne critique d'un curriculum et les tâches proposées. Ainsi, nous proposons dans cette communication d'analyser la contribution de deux curriculums (baccalauréat professionnel et technologique) du secteur de la production agricole à une éducation citoyenne critique et les trajectoires d'enseignement possibles au prisme de la démarche d'enquête sur une QSV.

CADRE CONCEPTUEL DE LA DEMARCHE D'ENQUÊTE D'UNE QSV

Un consortium de chercheurs et formateurs en éducation scientifique (PARRISE) a développé, de 2014 à 2017, un cadre théorique nommé SSIBL pour socioscientific issues inquiry based learning. SSIBL vise à engager les apprenants dans des actions favorisant la justice sociale à partir d'une enquête sur une question socioscientifique. Il se structure autour de trois piliers en interaction (Levinson, 2017) :

- une éducation citoyenne explicitement critique fondée sur une éducation politique et sociale, le développement de la réflexivité et l'engagement des apprenants vers plus de justice sociale ;
- des questions socio-scientifiques ou des QSV correspondant à des questions complexes, ouvertes, authentiques, controversées, liées à des risques et incertitudes et mettant en jeu une pluralité de savoirs (Simonneaux & Legardez, 2011) ;
- une démarche d'enquête prenant appui sur le processus démocratique et l'élaboration de connaissances scientifiques contextualisées.

La démarche d'enquête sur une QSV élaborée par l'équipe française du projet PARRISE (Simonneaux *et al.*, 2017) a pour objectif de faire vivre aux apprenants l'expérience de leur citoyenneté (Dewey, 2010/1938) en explorant un environnement social dynamique et en stimulant les dé-

libérations dans une perspective de durabilité. Conçue comme un cadre conceptuel et méthodologique structurant l'enquête sur une QSV, cette démarche est fondée sur cinq phases incontournables, présentées dans la figure 1, par lesquelles les enquêteurs doivent passer : analyse et recueil d'informations, traitement de l'information et construction de raisonnements, analyse réflexive de la subjectivité des enquêteurs, élaboration et diffusion des réponses possibles et compte-rendu de l'enquête.

La singularité de la démarche d'enquête repose sur la place accordée à la réflexivité et à la subjectivité des enquêteurs dans le processus et sur deux principes :

- le principe de récursivité qui caractérise l'interdépendance des phases : l'avancée sur un aspect peut amener à requestionner ce qui a déjà été acté à la lumière de nouvelles données. Il n'y a pas d'ordre prédéfini à l'avance pour la mise en œuvre de la démarche d'enquête et certaines phases peuvent être réitérées et approfondies ;
- le principe de délibération qui fait sens pour définir ce qui est provisoirement stabilisé au sein de la communauté des enquêteurs.

Le déroulement du processus de l'enquête contribue à faire évoluer le questionnement et à structurer la problématisation qui apparaît alors comme un processus dynamique émergent, lié à la mise en œuvre de la démarche d'enquête

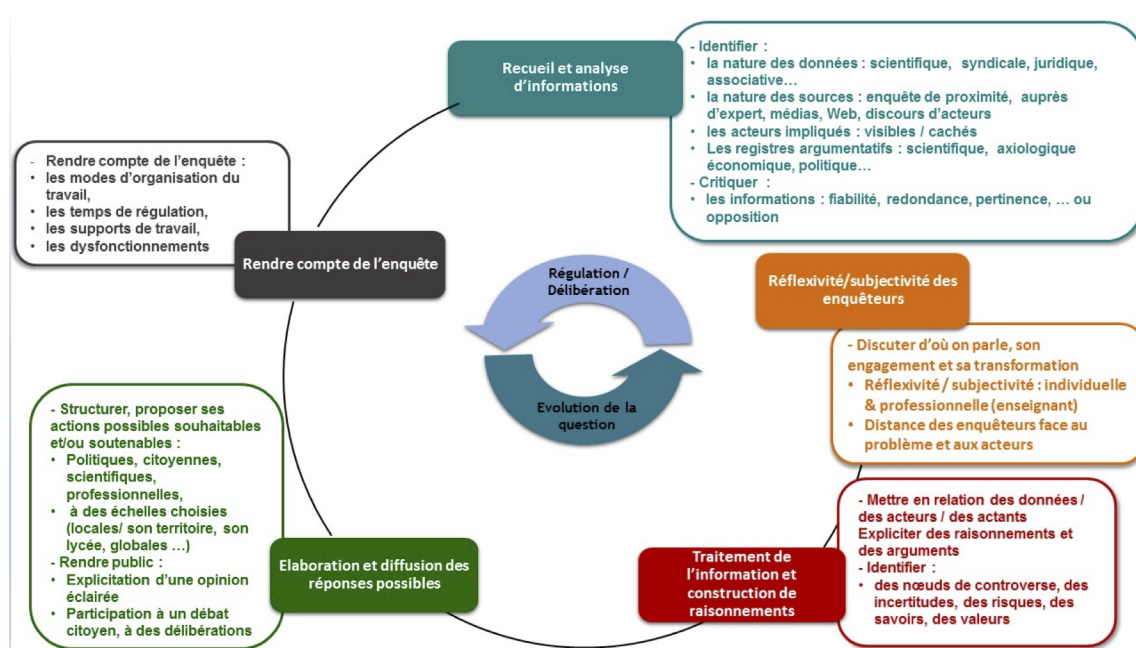


Figure 1. : Les cinq phases de la démarche d'enquête d'après Simonneaux et al. (2017).

MÉTHODOLOGIE

CORPUS ISSU DES CURRICULUMS

Deux curriculums phare de l'enseignement agricole du secteur production ont été étudiés : le baccalauréat technologique Sciences et Technologies de l'Agronomie et du Vivant domaine Productions (baccalauréat STAV) et le baccalauréat professionnel Conduite et Gestion de l'En-

entreprise Agricole option Polyculture Elevage (baccalauréat CGEA PE). Le tableau 1 présente les différentes finalités, composantes du référentiel de diplôme et la dernière date de rénovation de ces deux curriculums.

	Bac CGEA PE	Bac STAV
Finalités du diplôme	Métier de responsable d'entreprise agricole ou de salarié	Formation scientifique et technologique, poursuite d'études
Composantes du référentiel de diplôme	Référentiel professionnel Référentiel de certification Référentiel de formation	Référentiel d'examen Référentiel de formation
Date de dernière rénovation	2017	2019

Tableau 1. : Caractéristiques des deux curriculums étudiés

Le baccalauréat CGEA PE a une architecture modulaire pluridisciplinaire avec des modules communs aux baccalauréats professionnels de l'enseignement agricole fondés sur des disciplines de l'enseignement général et des modules professionnels liés au champ de la production agricole. Des dispositifs de formation complémentaires aux modules sont également inscrits dans le référentiel, comme les stages individuels en entreprise, les stages collectifs thématiques (santé et le développement durable), entre autres. Des documents complémentaires (nommés documents d'accompagnement), écrits par l'inspection de l'enseignement agricole et sans caractère prescriptif, contribuent à éclairer la mise en œuvre pédagogique du référentiel de formation. Des notes de service sur l'évaluation cadrent la mise en œuvre concrète des épreuves d'examen : une pour les modules communs et une autre pour les modules professionnels. Nous avons analysé l'ensemble du référentiel de diplôme et des documents d'accompagnement ainsi que la note de service relative à l'évaluation des modules professionnels.

Le baccalauréat STAV présente lui-aussi une architecture modulaire pluridisciplinaire avec des modules communs et des modules plus spécifiques aux domaines technologiques (service en milieu rural, production, agroalimentaire, agroéquipement, aménagement des espaces). Une note de service complète le référentiel d'examen pour en faciliter la mise en œuvre concrète. Nous avons analysé l'ensemble des textes prescriptifs et des documents d'accompagnement pour les modules communs et ceux dédiés au domaine de la production. Nous avons également retenu la note de service relative à l'évaluation dans notre corpus d'analyse.

Le tableau 2 synthétise les pièces des curriculums choisies pour notre analyse.

Nature des documents		
Diplômes	Documents réglementaires	Recommandations pédagogiques
Bac STAV	- Référentiel de diplôme - Note de service sur l'évaluation du diplôme DGER/SDPFE/2019-330 du 24/04/2019	Documents d'accompagnement des modules de formation
Bac CGEA PE	- Référentiel de diplôme - Note de service définissant les épreuves d'évaluation communes aux bacs professionnels de l'enseignement agricole DGER/SDPOFE/N2010-2118 du 06/09/2010 - Note de service définissant les épreuves d'évaluation pour le domaine professionnel DGER/SDPFE/2017-511 du 09/06/2017	Documents d'accompagnement des modules de formation et du stage collectif d'éducation à la santé et au développement durable (stage DD-santé)

Tableau 2. : Corpus analysé

CADRE D'ANALYSE

Notre analyse vise, à l'échelle du curriculum, à identifier la visée de l'éducation citoyenne critique et les balises curriculaires pour son enseignement, à travers le prisme de la démarche d'enquête sur une QSV. Nous avons, pour cela, adapté la méthode de la matrice curriculaire (Lebeaume, 1999) « structurée par les relations établies entre la tâche proposée, le référent de cette tâche et la visée éducative » dans le curriculum (Girault *et al.*, 2006, p.127).

Les composantes de la matrice curriculaire étudiées dans notre étude correspondent aux trois piliers du cadre théorique SSIBL :

- la visée d'éducation citoyenne critique ;
- la démarche d'enquête considérée comme un processus articulant un ensemble de tâches proposées aux élèves ;
- des QSV représentant les référents des tâches proposées aux élèves.

L'analyse a été conduite en deux temps. Nous avons d'abord réalisé une analyse thématique de contenu (Bardin, 2007) qui « repose sur une lecture attentive et exhaustive du corpus permettant aux chercheurs de "marquer (comme au "Stabilo" en mode manuel) et de coder les éléments textuels [...] auxquels ils attribuent telle et/ou telle signification par rapport à la problématique de leur recherche » (Jenny 1997, p. 91). Nous avons pris la phrase comme unité d'analyse. Nous avons réalisé un encodage manuel à partir des critères et indicateurs d'analyse présentés ci-après. Nous avons ensuite mis en relation la visée éducative, les tâches proposées et les référents identifiés dans les curriculums. Nous avons mis en évidence les éléments et relations favorables à l'atteinte de la visée d'éducation citoyenne critique via la démarche d'enquête et les absences pouvant constituer des obstacles à la mise en œuvre d'une démarche d'enquête sur une QSV.

LA VISÉE D'ÉDUCATION CITOYENNE CRITIQUE

Les critères et indicateurs pour analyser la visée d'éducation citoyenne critique (tableau 3) dans les curriculums étudiés se fondent sur les dimensions de l'éducation citoyenne critique, adap-

tées par Levinson (2017) à partir de Johnson et Morris (2010), définies par les dimensions politique, sociale, réflexive et d'engagement.

Critères d'analyse	Indicateurs d'analyse
Dimension politique	<ul style="list-style-type: none"> - savoirs relatifs au fonctionnement des systèmes politiques et des structures de pouvoir - analyse politique critique - questionnement des injustices sociales - valeurs de justice sociale
Dimension sociale	<ul style="list-style-type: none"> - savoirs relatifs aux relations entre les cultures, les pouvoirs et les transformations - engagement dans le dialogue et délibération démocratique - prise en compte de la diversité des points de vue, des valeurs des autres - responsabilité vis-à-vis des autres et de soi
Dimension réflexive	<ul style="list-style-type: none"> - savoirs relatifs au sens de l'identité - compréhension de sa propre prise de position, de celle de son groupe social et de celle des autres - écoute des prises de position des autres - autocritique
Dimension d'engagement	<ul style="list-style-type: none"> - savoirs relatifs à la manière de concrétiser collectivement des changements pour la justice sociale - participation active pour imaginer d'un monde meilleur - actions informées, responsables, réflexives et éthiques - motivation pour le changement

Tableau 3. : Critères et indicateurs d'analyse de la visée d'éducation citoyenne critique dans les curriculums (Levinson, 2017 ; Simonneaux et al., 2017)

LES TÂCHES PROPOSÉES

Nous avons repéré les possibilités offertes par les curriculums pour la mise en œuvre des phases de la démarche d'enquête. Nous avons, pour cela, identifié au sein de l'ensemble des tâches proposées dans les curriculums celles pouvant contribuer à une (ou des) phase(s) de la démarche d'enquête ou au processus de problématisation de la question enquêtée (tableau 4). Nous avons défini les indicateurs à partir des composantes de chaque phase d'enquête définies par Simonneaux *et al.* (2017) et du processus de problématisation issu des travaux de Panissal (2019).

Critères d'analyse	Indicateurs d'analyse
Problématisation	- définition et identification d'un problème, expression des doutes - exploration de l'environnement d'un problème
Recueil et analyse de l'information	- méthodes de recueil d'information : médiation documentaire, entretiens, observation - critique des informations : fiabilité, redondance, pertinence, opposition
Explicitation/construction de raisonnements	- mise en relation des données, des acteurs, des actants - explicitation des raisonnements, des logiques, des déterminants - identification des controverses, problèmes - identification des concepts clés - identification des incertitudes, des risques
Réflexivité/subjectivité de l'enquêteur	- réflexivité individuelle par rapport à une QSV - prise de position sur une QSV
Pistes de réponses possibles	- identification d'actions possibles : politiques et citoyennes, scientifiques, professionnelles, locales (dans le territoire, dans le lycée...) ou globales
Compte-rendu de l'enquête	- rendre public la démarche, la (les) solution(s)

Tableau 4 : Critères et indicateurs d'analyse des tâches proposées contribuant aux phases de la DE dans les curriculums (Simonneaux et al., 2017 ; Panissal, 2019)

LES RÉFÉRENTS

L'ensemble de tâches combinées dans la démarche d'enquête, telle que nous l'avons définie dans cette étude, s'adosse à une QSV constituant le référent des tâches proposées aux élèves. De nombreuses études ont déjà mis en évidence que les thématiques porteuses de QSV sont rarement présentées comme des QSV et problématisées dans les curriculums (Levinson *et al.*, 2001). Ce sont les enseignants qui réalisent la transposition didactique d'une thématique en QSV. Nous avons identifié dans les curriculums étudiés, les QSV et les thèmes porteurs de QSV mais présentés sans être problématisés (tableau 5).

Critères d'analyse	Indicateurs d'analyse
QSV	- Question complexe, ouverte, authentique, controversée, liée à des risques et incertitudes et mettant en jeu une pluralité des savoirs et d'acteurs
Thème à enjeux présentés sans controverse	- Thèmes porteurs de controverses dans le domaine scientifique et dans la société.

Tableau 5 : Critères et indicateurs d'analyse des référents de la démarche d'enquête dans les curriculums (Simonneaux et Legardez, 2011)

RÉSULTATS : RELATIONS ENTRE VISEES EDUCATIVES, TACHES ET QSV DANS LES CURRICULUMS DU BACCALAUREAT STAV ET CGEA PE

Par souci de longueur, nous ne pourrions pas exposer ici en détail les résultats obtenus. Dans le cadre de la communication orale, des résultats saillants seront développés.

VISÉE D'ÉDUCATION CITOYENNE CRITIQUE DANS LES CURRICULUMS ÉTUDIÉS

Dans les deux curriculums étudiés, la visée d'éducation citoyenne critique se fonde sur l'acquisition d'une culture scientifique et humaniste pour former des acteurs responsables. Ce socle commun est articulé avec une culture technologique dans le baccalauréat STAV et une culture professionnelle dans le baccalauréat CGEA PE.

Nos résultats montrent que les dimensions sociales, réflexives et d'engagement sont explicitement mentionnées dans les deux curriculums. La dimension sociale est la plus représentée dans toutes ses facettes. La dimension politique est, quant à elle, très peu présente alors même qu'elle est affichée dans la description du contexte de l'exercice du métier dans le curriculum du baccalauréat CGEA PE.

Cette visée d'éducation citoyenne critique est mise en relation avec plusieurs défis sociétaux actuels dans ces curriculums, tels que la préservation des sols, la gestion des ressources communes, le développement durable, l'agroécologie et le bien-être animal. Contrairement au baccalauréat STAV, ces thématiques ne sont pas présentées dans le curriculum du baccalauréat CGEA PE comme étant porteuses de QSV.

RELATIONS ENTRE VISÉE ET TÂCHES PROPOSÉES DANS LES CURRICULUMS ÉTUDIÉS

Dans les deux curriculums étudiés, les tâches proposées concourent majoritairement aux dimensions sociales et réflexives de l'éducation citoyenne critique. La dimension d'engagement est, de plus, présente dans le baccalauréat CGEA PE. La dimension sociale est travaillée à partir du recueil et de l'analyse de données (données scientifiques, sociales, économiques, professionnelles, culturelles, rencontres des acteurs...) et par la prise en compte de la diversité des points de vue. Par ailleurs, la responsabilité vis-à-vis des autres et de soi, en termes d'impacts et de préservation des ressources et d'inscription des filières et des productions agricoles dans des projets de territoires, est associée aux tâches proposées dans le curriculum du baccalauréat CGEA PE.

Le dialogue et la délibération démocratique sont soutenus, dans les deux curriculums, par des tâches liées à l'argumentation écrite et orale, aux débats, à la compréhension des raisonnements des autres et du sien, à l'identification des valeurs sous-jacentes aux discours avec une focalisation sur le milieu professionnel dans le baccalauréat CGEA PE et à l'échelle d'un territoire. La réflexivité des apprenants est, quant à elle, travaillée différemment dans les deux curriculums. Elle s'ancre dans les débats de société liés au domaine de la production agricole dans le baccalauréat STAV avec la problématisation de sujets de société, une approche critique des impacts des activités humaines et des grilles d'analyse de situations authentiques. Dans le curriculum du baccalauréat CGEA PE, la problématisation se structure autour du vécu professionnel pour aborder des enjeux de mobilisation des ressources dans les processus agricoles dans un territoire.

Les tâches visant l'engagement des élèves vers l'élaboration de pistes d'actions possibles favorables à davantage de justice sociale sont ponctuelles dans certains modules de formation dans

le curriculum du baccalauréat STAV, tandis qu'elles sont très présentes dans le baccalauréat CGEA PE et majoritairement associées à l'acquisition de capacités professionnelles en phase avec l'agroécologie auxquelles contribuent des modules de l'enseignement général et professionnel.

La dimension politique peu présente de la visée d'éducation citoyenne critique prescrite à l'échelle du curriculum, se fonde sur des savoirs relatifs au fonctionnement des systèmes des politiques publiques en lien avec l'agriculture et les territoires ruraux. Elle peut être travaillée à partir de certaines tâches proposées dans des disciplines comme l'histoire et la géographie, les sciences économiques et sociales et l'éducation socio-culturelle. Au-delà, le travail sur des valeurs de justice sociale et l'analyse politique critique n'est pas abordé dans ces curriculums.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans les deux curriculums étudiés, apprendre à faire vivre l'agroécologie apparaît implicitement comme une traduction d'une éducation à la citoyenneté critique : l'agroécologie, présentée comme un paradigme de rupture, est porteuse d'une fonction critique et de justice sociale. Toutefois, l'éducation au politique, très peu présente dans les deux curriculums étudiés, rend difficile la réalisation de cette visée éducative. Les savoirs liés à l'agroécologie sont rarement liés à leurs contextes sociopolitiques d'émergence, aux valeurs sous-jacentes. Or, cette balise curriculaire est nécessaire pour soutenir un « agir sociétal » (Lange, 2018). La démarche d'enquête sur une QSV représente un cadre pertinent pour repérer, dans les curriculums, des tâches à partir desquelles structurer la mise au travail des quatre dimensions de l'éducation à la citoyenneté critique et les tâches manquantes. Les cinq phases constitutives de la démarche d'enquête peuvent alors être pensées comme des points de vigilance pour l'enseignant pour insister sur des aspects peu visibles, voire absents dans le curriculum prescrit.

À la lumière des résultats obtenus, l'appropriation actuelle des deux curriculums étudiés par les enseignants semble devoir être accompagnée par la formation pour soutenir la réalisation de la visée d'éducation citoyenne critique :

- un travail individuel et en équipe de repérages des balises curriculaires et des temps de mise en oeuvre possible exige une lecture attentive et collective de l'ensemble du curriculum à partir d'une grille d'analyse clarifiant les dimensions de cette forme de citoyenneté ;
- une appropriation via des actions de formation de la démarche d'enquête sur des QSV comme un cadre méthodologique possible pour appréhender l'éducation citoyenne critique dans l'enseignement technique agricole.

BIBLIOGRAPHIE

- Bardin, L. (2007). *L'analyse de contenu*. Paris : PUF.
- Dewey, J. (2010/1938). *Logic: The Theory of Inquiry*. New-York : Holt, Rinehart and Winston.
- Frère, N. (2017). *Les trajectoires de positionnements sur les différentes approches agroécologiques d'apprenants en formation agricole incluant un module d'agroécologie*. Thèse de doctorat. Université de Toulouse Jean-Jaurès.
- Girault, Y., Lange, J. M., Fortin-Debart, C., Simmoneaux, L. & Lebeaume, J. (2007). La formation des enseignants dans le cadre de l'éducation à l'environnement

- pour un développement durable : problèmes didactiques. *Éducation relative à l'environnement : regards-recherches-réflexions*, 6, 119-136.
- Jenny, J. (1997). Méthodes et pratiques formalisées d'analyse de contenu et de discours dans la recherche sociologique française contemporaine. Etat des lieux et essai de classification. *BMS: Bulletin of Sociological Methodology / Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 54, 64-122.
- Johnson, L. & Morris, P. (2010). Towards a framework for critical citizenship education. *The Curriculum Journal*, 21(1), 77-96.
- Lange, J.M. (2018). Éducatons à : penser l'articulation des savoirs et des valeurs au service de l'agir sociétal. *Éducation et socialisation*, 48.
- Lebeaume, J. (1999). *Perspectives curriculaires en éducation technologique*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Université Paris Sud.
- Levinson, R. & THE PARRISE CONSORTIUM (2017). Socio-scientific inquiry-based learning: Taking off from STEPWISE. In L. Bencze (Éd.). *Science and Technology Education Promoting Wellbeing for Individuals, Societies and Environments – STEPWISE*, pp. 477-502, Dordrecht : Springer.
- Levinson, R., Turner, S., Koulouris, P., Desli, D., Douglas, A., Evans, J. & Kirton, A. (2001). *The teaching of social and ethical issues in the school curriculum arising from developments in biomedical research: a research study for teachers*. London : Institute of education - University of London.
- Simonneaux, L. & Legardez, A. (2011). *Développement durable et autres questions d'actualité. Les Questions Socialement Vives dans l'enseignement et la formation*. Dijon : Educagri Editions.
- Simonneaux, J., Simonneaux, L., Hervé, N., Nédelec, L., Molinatti, G., Cancian, N. & Lipp, A. (2017). Menons l'enquête sur des QSV dans la perspective de l'EDD, *Revue des Hautes écoles pédagogiques et institutions assimilées de Suisse romande et du Tessin*, 22, 143-160.

EFFET DIFFÉRENCIATEUR DES MODALITÉS DE PRÉSENTATION DES SAVOIRS EN SCIENCES ET CONSÉQUENCES SUR LA CONSTRUCTION DES POSTURES DES ÉLÈVES
ÉTUDE COMPARATIVE DES SCÉNARIOS DIDACTIQUES IDENTIFIÉS LORS DE SÉANCES DE SCIENCES OBSERVÉES EN COURS PRÉPARATOIRE ET AU COURS ÉLÉMENTAIRE PREMIÈRE ANNÉE

Hélène Guillou-Kerédan¹, Yann Lhoste¹, Martine Jaubert¹
1 : Lab-E3D, Université de Bordeaux – France

Résumé : cette contribution propose d'étudier les points communs et les différences observables dans les scénarios langagiers didactiques mis en place par des enseignants de cours préparatoire et de cours élémentaire première année, lors d'activités à visée scientifique qui pourraient expliquer la construction de postures différenciées et plus ou moins adaptées à la construction des savoirs inhérents à la discipline sciences. À partir de la caractérisation des scénarios d'apprentissage tels que définis par Bruner, transposés à des situations d'enseignement et révélateurs d'un genre professionnel propre à chacun des enseignants, et de l'analyse de l'échafaudage langagier qu'ils mettent en oeuvre au cours de ces scénarios, nous focalisons notre attention sur l'analyse des modalités langagières d'introduction des savoirs au cours des échanges produits en classe pour tenter de mesurer ce qui, dans la pratique de l'enseignement des sciences, pourrait avoir un effet sur la construction des postures des élèves.

Mots-clés : posture, position énonciative, rapport au savoir, scénario, échafaudage

EFFECTS OF TEACHING SKILLS ON PUPILS POSTURES FOR LEARNING SCIENCES
A COMPARATIVE STUDY OF DIDACTIC LEARNING SCRIPTS FOR TEACHING SCIENCES DURING THE TWO FIRST YEARS OF PRIMARY SCHOOL

Abstract : The current research is to explore the links between linguistic and didactic professional skills used by teachers during the first years of primary school in the context of learning sciences, that would explain appropriate postures for learning sciences at school. Through didactic learning scripts (Bruner) transposed on teaching process, we aim to evaluate the effects of linguistic scaffolding teaching strategies for scientific knowledge on pupils postures for learning.

Keywords : Posture, enunciator position, relationship to knowledge, scenario, scaffolding strategies

Nous nous intéressons à des manières d'enseigner et à leur influence sur les apprentissages en sciences au début de l'école élémentaire, dans la mesure où les « gestes langagiers du professeur [...] ont une fonction médiatrice ayant pour visée de faire apprendre les élèves » et donc « d'orienter l'activité des élèves vers le traitement du problème mis en scène dans la situation didactique construite [...] » (Lhoste, 2017, p 165). Par ailleurs, Jaubert et Rebière (2019), proposent d'utiliser la notion de scénario, empruntée à Bruner (1983), pour mettre en évidence, dans une activité de lecture littéraire, ce qui, dans la pratique langagière de l'enseignant au cours des situations d'enseignement, permet aux élèves de comprendre et d'adopter la position énonciative adaptée aux types de savoirs visés et nécessaire à l'apprentissage. Nous empruntons donc à leurs travaux récents, l'idée que les scénarios produits par les pratiques langagières des enseignants qu'elles nomment « gestes professionnels langagiers didactiques » (GPLD) amorceraient une réorientation du positionnement énonciatif des élèves vers un positionnement énonciatif plus pertinent pour apprendre en sciences au regard de la communauté discursive scientifique scolaire¹.

Dans cette communication, nous cherchons, dans un premier temps, à mettre en évidence et à comparer l'organisation des situations didactiques des séances de sciences que nous avons observées en cours préparatoire et en cours élémentaire première année. Nous nous intéresserons, dans un second temps, au « processus de soutien » (Bruner, 1983 p. 277-279) exercé par les enseignants expérimentés² de ces deux niveaux, aux différents moments repérés dans ces situations et relevant de GPLD spécifiques à chacun d'entre eux. Puis nous observerons les caractéristiques de l'articulation entre enseignement et apprentissage et plus particulièrement, la manière dont chacun introduit les savoirs en jeu, et nous chercherons à identifier d'éventuels scénarios. Nous analyserons alors leurs gestes professionnels langagiers respectifs, spécifiques et différents, et la manière dont ils peuvent « réorienter l'activité langagière des élèves, pour les faire entrer dans un champ de contenus, de pratiques et de valeurs nouveaux ou peu familiers » (Jaubert & Rebière, 2019) construisant ainsi des postures plus ou moins différenciatrices dans la construction des savoirs scientifiques.

MISE EN EVIDENCE DE MODELES RECURRENTS D'ORGANISATION DES ACTIONS

ENSEIGNANTES

Nous commençons par nous intéresser aux récurrences observables dans l'organisation et l'enchaînement des différentes étapes de la mise en oeuvre de séances de sciences qui relèvent des pratiques « ordinaires » de deux enseignants qui suivent un même groupe d'élèves (M2 en CP et M3 en CE1).

Malgré quelques différences relevées dans le déroulement des séances (annexe 1- figure1), M2 et M3 semblent avoir intériorisé la méthode inductive OHERIC³, qui consiste à observer des cas singuliers pour en tirer, par induction, les lois qui les régissent et impliquant une répétition d'observations et/ou d'expériences, sous entendant que le réel serait source de savoir. Il en résulte

1 Fait référence à l'article de Bernié (2002) relatif à la communauté discursive disciplinaire scolaire, basé sur les travaux de Jaubert et Rebière en sciences.

2 L'enseignante de CP (M2) d'une ancienneté de service de plus de 15 années, a enseigné en CE1 puis en CE2 l'année précédant cette étude. L'enseignant de CE1(M3) d'une ancienneté quasiment équivalente, enseignait en cours moyen les années précédentes.

3 Observation-Hypothèse-Expérience-Résultats-Interprétation-Conclusion

que l'organisation des situations proposées par ces deux enseignants, examinées sous l'angle du déploiement des actions, ne semble pas suffire à mesurer ce qu'il se passe au niveau de l'activité enseignante et qui pourrait s'avérer différenciateur dans la conduite des apprentissages scientifiques. Notre étude, inscrite dans le cadre vygotkien, nous conduit à faire le postulat que l'activité langagière concomitante à chaque situation est partie prenante dans la réalisation de l'enseignement et qu'il convient d'examiner de plus près les interactions enseignants-élèves mises en oeuvre par chacun pour construire le savoir visé, aux différentes étapes et plus particulièrement aux moments différenciés dans les deux modèles-types (annexe 1- figure1).

COMPARAISON DES TYPES D'INTERACTIONS LANGAGIERES ENSEIGNANTS- ELEVES VISANT LA CONSTRUCTION DU SAVOIR

Nous examinons les fonctions de l'enseignant par rapport aux fonctions du « tuteur d'apprentissage » définies par Bruner (que nous transférons donc dans le cadre scolaire) et nous ciblons les interactions langagières enregistrées dans les moments d' « enrôlement »⁴, et plus particulièrement, les moments de focalisation sur des éléments constitutifs du savoir visé, lors d'une séance d'observation des vers à soie en CP et lors d'une séance sur le phénomène d'évaporation en CE1. En effet, chacun des enseignants y met en oeuvre, dans une durée d'enseignement comparable, une situation-problème visant à faire évoluer les représentations des élèves pour construire un savoir d'ordre scientifique.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ENRÔLEMENT PRATIQUÉ PAR CHACUN DES ENSEIGNANTS

Les tableaux 1 et 2 (annexe 2) montrent la manière dont M2 et M3 procèdent sur le plan langagier pour engager leurs élèves dans l'activité d'apprentissage. Nous observons chez M2 (tableau 1) un premier enrôlement rapide avec une mise en évidence du problème sur lequel va se construire une réflexion filée. Cette réflexion est faite d'interventions reserrées qui enchaînent des focalisations intermédiaires (sur les pattes, la soie, le cocon, la chenille), issues des interactions avec les élèves et par le biais desquelles M2 les guide dans une conduite réflexive contrôlée pour établir un cheminement logique visant à construire un élément de savoir qui n'est jamais perdu de vue.

Quant aux enchaînements de focalisations proposés par M3, ils permettent plus difficilement de percevoir la progression de l'apprentissage dont la cible semble, elle aussi, se déplacer au fur et à mesure de l'avancée de la séance. Ainsi, M3 (annexe 1- tableau 2) enrôle ses élèves par un constat (un T-shirt qui a séché) pour mettre en évidence un phénomène (l'évaporation). Il focalise ensuite rapidement sur les éléments de vocabulaire que sont « l'air » et « l'évaporation », puis il introduit le terme de « gaz » et réduit rapidement le champ des possibles en signalant que la vapeur d'eau est « invisible » et que ce n'est « pas tout-à-fait de l'air ». Il enchaîne en donnant l'exemple d'un torchon mouillé en boule et d'un bac contenant de l'eau, pour mettre en évidence des vitesses d'évaporation différentes qu'il demande aux élèves d'essayer d'expliquer. Lors de la deuxième partie de la séance, il focalise sur la recherche d'un procédé d'expérimentation pour « accélérer » le phénomène en sollicitant d'abord les élèves, puis en leur proposant très vite de se référer à une expérience du quotidien (la cuisson des pâtes) pour justifier et expliquer l'expérience qu'il a envisagée. Cette expérience se conclut par la réalisation d'un

4 L'enrôlement est défini par Bruner comme la première des six fonctions qu'il attribue à l'étayage et par laquelle le tuteur engage l'intérêt et l'adhésion de l'enfant envers les exigences de la tâche (Bruner,1983, p.277)

schéma. Le savoir à enseigner qui semblait résider dans l'explication du phénomène (« alors quand elle s'est évaporée, qu'est-ce qu'elle devient finalement »), se voit donc réorienté vers la réalisation d'un schéma scientifique qu'il présente comme « c'est important ».

Nous avons également trouvé, en comparant les tableaux 1 et 2, un plus grand nombre de points de focalisations chez M3, qui oriente les élèves sans que leurs remarques n'interfèrent dans son projet de séance, en suivant les étapes qu'il a anticipées dans le temps qu'il a prévu d'y consacrer. M2, de son côté, choisit ses points de focalisation en fonction de ce que disent les élèves et qu'elle perçoit comme pouvant baliser un chemin possible vers la construction du savoir visé et diffère les sujets qui ne sont pas tout-à-fait dans la cible du moment. Ainsi, M2 semble garder en tête le but qu'elle s'est fixée, mais reste ouverte au programme⁵ des élèves pour construire le chemin vers le savoir visé en tissant la part provenant des élèves avec son propre programme d'enseignement. De son côté, M3 sait déjà comment il convient de faire l'expérience qui amènera au résultat attendu et la propose à ses élèves

Ces positionnements différents sont aussi lisibles dans les usages langagiers observés chez chacun d'entre eux pour conduire leur séance.

DES USAGES DU LANGAGE DIFFÉRENTS DANS LE DISCOURS D'ENSEIGNEMENT

Nous notons des interventions de M2 fréquentes et régulières concernant la sollicitation de l'explication et de la justification des propos des élèves, en relation avec la construction du savoir ciblé :

MAIT 05 : *et alors* pourquoi ?

MAIT 07 : parc'que à ton avis y a une // y a une raison à ça ?

MAIT 28 : comment comment i' s'déplacent eux ? Louis t'as observé un peu ?

MAIT 129 : alors comment ça s'passe / les chenilles elles rentrent elles trouvent le cocon et elles rentrent dedans ?

MAIT 134 : très bien qui sait comment ça s'passe alors

MAIT 144 : comment tu sais ça ?

MAIT 159 : bon qu'est-c'que vous avez à raconter là-d'ssus

MAIT 168 : qu'est-c'qu'i' s'passe [...] raconte nous [...] que s'passe-t-il ?

MAIT 227 : pourquoi c'est des insectes ?

MAIT 232 : comment tu sais ?

alors que les sollicitations à visée explicative sont plus rares chez M3 et qu'elles concernent davantage la discussion sur le procédé expérimental que sur le savoir en jeu :

MAIT 86 : alors pourquoi il est un peu moins mouillé

MAIT 96 : alors qu'est-ce qui change

MAIT 145 : si on attend encore une semaine qu'est-ce qui va s'passer

MAIT 153 : si on attend une semaine supplémentaire qu'est-ce qui va se passer probablement

MAIT 161 : comment on pourrait accélérer un p'tit peu cette expérience

MAIT 163 : comment est-c'qu'on pourrait accélérer ça

MAIT 187 : alors comment est-ce qu'on pourrait accélérer encore plus ?

MAIT 198 : quand on fait d'la cuisine qu'est-ce qu'on fait

Notons encore dans le discours de M3, une domination de la fonction référentielle du langage qui vise plus à décrire le monde qu'à le questionner, avec une préoccupation particulière accordée à la formulation d'un vocabulaire précis, à l'origine d'une proportion importante du ques-

⁵ Au début de l'âge scolaire « un programme d'enseignement et d'éducation devient possible. Cependant, ce n'est pas encore un programme scolaire. Il doit être encore dans une certaine mesure le programme de l'enfant lui-même. » (Vygotski, 1935)

tionnement produit lors de la séance. De son côté, M2 introduit le vocabulaire scientifique dans le contexte du discours seulement si l'utilisation du terme scientifique se justifie, mais elle n'en fait pas un objet de focalisation spécifique dans la construction du savoir.

Par ailleurs, nous relevons des éléments de langage propres à chacun qui nous semblent révélateurs d'un point de vue particulier sur l'acquisition du savoir scientifique. Ainsi, nous notons dans les interventions de M2, une utilisation des verbes apprendre, comprendre et réfléchir que nous ne retrouvons jamais dans le discours de M3. Par contre, M3 utilise les verbes voir et montrer pour illustrer un savoir transmis, alors que M2 les utilise pour faire comprendre aux élèves que le raisonnement s'appuie sur leurs observations antérieures (« on a vu que » / « on a observé ») et sur ce qu'ils connaissent déjà.

COMMENT LES ENSEIGNANTS RENDENT-ILS LE SAVOIR IDENTIFIABLE AU COURS DU

PROCESSUS D'ENSEIGNEMENT

Au-delà d'une conception du savoir qui semble bien différenciée dans les deux pratiques d'enseignement, nous cherchons maintenant à identifier et à comparer la manière dont chacun des enseignants s'y prend pour donner de la visibilité au savoir enseigné.

LA PRATIQUE DES REFORMULATIONS

Les enchaînements de focalisations déjà évoqués révèlent une manière différente de progresser dans l'avancée du processus d'apprentissage chez les deux enseignants. Chez M2 (annexe 2 - tableau 1), les éléments de focalisation sont non seulement le plus souvent issus du discours des élèves, renforçant leur implication, mais l'enseignante s'attache à verbaliser des points d'étape et à expliciter les liens par la pratique de reformulations régulières qu'elle produit ou qu'elle fait produire aux élèves pour les maintenir centrés sur l'objectif visé. Elle s'assure ainsi de la régularité de leur compréhension tout au long du processus (annexe 3 - tableau 3).

Dans le discours de M3, les objets de focalisations moins liés, sont proposés par l'enseignant, indépendamment du discours des élèves. La pratique des reformulations ne semble donc pas nécessaire pour conduire un cheminement vers un savoir qui serait à construire, puisqu'il a été constaté, décrit ou affirmé, ce qui pourrait expliquer des reformulations moins fréquentes qui ne nous donnent pas à voir de progression réelle dans le cours de la séance. Les extraits de discours relevés montrent des reformulations qui ressemblent donc plus à des répétitions du phénomène déjà expliqué qu'il s'agirait de mémoriser (annexe 3 - tableau 4).

UTILISATION DE CONNECTEURS

Outre ses multiples reformulations, M2 renforce la compréhension de la continuité du raisonnement par l'utilisation de connecteurs qui soulignent les étapes du cheminement logique, afin qu'il puisse être perçu par les élèves et pour relancer le processus de réflexion, difficile à tenir dans le temps chez de très jeunes élèves. Les connecteurs sont plus rares dans le discours de M3. Et si certains contribuent à souligner les caractéristiques de la situation problème, le dernier (« et donc si on attend une semaine supplémentaire qu'est-ce qui va se passer probablement ») vise essentiellement à faire redire le raisonnement acté précédemment.

Nous avons ainsi identifié deux démarches différenciées : l'une très en prise avec les interactions des élèves, jalonnée de points de repères qui s'enchaînent et qui s'appuient sur des raisonnements que l'enseignante s'efforce de rendre visibles et compréhensibles par des reformulations filées et systématiques tout au long du processus et accompagnées de connections clairement verbalisées. L'autre basée sur un savoir pré-existant aux pratiques scolaires qui fait l'objet de constats, d'explications cadrées par l'enseignant et peu négociables, puis d'expérimentations visant à confirmer le savoir transmis.

Dès lors, nous voulons identifier les traces langagières de l'activité des élèves dans le processus d'appropriation ou de réception du discours de l'enseignant visant l'élaboration du savoir, afin de mesurer l'efficacité de ces démarches d'enseignement sur les apprentissages des élèves.

QUELLE CONSTRUCTION DU SAVOIR CHEZ LES ELEVES ?

Nous avons repéré, dans les propos des élèves, des traces de leur activité qui montreraient qu'ils sont en train de construire un savoir et notamment, la manière dont ils s'approprient des raisonnements au cours de la situation proposée par chacun des enseignants.

Ainsi, nous relevons dans le discours de M2, des manières récurrentes d'articuler, d'orienter et de tisser les éléments constitutifs du savoir en interaction avec les élèves que nous retrouvons dans leurs propos. Ceci pourrait signaler qu'ils se les approprient peu à peu. Nous le voyons par exemple (annexe 4 - tableau 5), lorsque EULA 02 reproduit le modèle de l'enseignante MAIT 01, lorsque MAIT 32 pointe le problème des pattes et que LOUIS 40 et GASP 42 s'approprient un raisonnement déductif qui les conduit de l'exemple des vers à soie à une généralisation concernant une catégorie appelée insectes, ou lorsque ELEV 154 essaye de déduire un résultat logique de son cheminement, ou encore lorsque GASP 237, MART 238 et LUCY 252 reprennent des éléments significatifs des raisonnements antérieurs pour tenter de verbaliser un savoir cohérent concernant les insectes.

Dans l'enseignement proposé par M3, les pratiques de pointage et de tissage sont plus rares et rendent difficilement visible un raisonnement logique et récurrent auquel les élèves pourraient se rattacher pour élaborer leur propre raisonnement. Toutefois, nous voyons émerger à plusieurs reprises des conduites explicatives spontanées (bien que peu abouties), probablement parce que les élèves, un peu plus âgés que ceux de M2, ont déjà rencontré des pratiques discursives scientifiques et qu'ils se sont déjà essayés comme énonciateurs dans des communautés discursives disciplinaires scolaires (Bernié, 2002). Ainsi, dans les exemples donnés (annexe 4 - tableau 6), nous pouvons suivre comment JOSH 53 et GASP 59 proposent un discours à caractère explicatif, lequel se trouve rapidement interrompu par MAIT 60 qui referme sa question. Dans l'exemple présenté annexe 4-tableau 7, si la question ouverte de MAIT 86 vise bien l'élaboration d'un raisonnement dans lequel les élèves s'inscrivent en proposant des explications, le processus explicatif, purement rhétorique, se trouve interrompu par MAIT 100 et semble rendre la construction du savoir difficile.

CONCLUSION

Les différences observées dans la mise en oeuvre de séances visant à la construction de savoirs scientifiques au cours de deux années consécutives au début de l'école élémentaire par deux enseignants et ce qu'elles produisent chez les élèves, montrent que ce n'est pas tant dans la

manière d'enchaîner les étapes de la situation que dans la représentation qu'ont les enseignants de ce qu'est un savoir scientifique scolaire, que les pratiques enseignantes divergent. Selon que l'enseignant considère que le savoir doit faire l'objet d'une construction, ou qu'il considère que le savoir pré-existe et qu'il s'agit de le mettre en évidence par la situation qu'il propose, les modalités d'interventions langagières diffèrent. Ainsi des GPLD ciblés sur la mise en oeuvre de scénarios tels que ceux mis en oeuvre par M2, seraient plus propices à construire des savoirs et des démarches qui lui sont associées et qui sont spécifiques aux sciences. Un enseignement basé sur la mise en place de scénarios récurrents et spécifiques à l'enseignement des sciences pourrait aider les élèves à construire une posture adaptée aux apprentissages scientifiques. Mais une discontinuité de ce type d'enseignement au cours des premières années de l'école élémentaire, telle que celle que nous avons décrite, nous invite à nous questionner sur la fragilité de cette intégration des élèves dans une communauté discursive scientifique scolaire qui pourrait avoir des conséquences sur la stabilisation de postures adaptées aux apprentissages dans cette discipline.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNIÉ, J-P (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de «communauté discursive»: un apport à la didactique comparée ? *Revue française de pédagogie*, 141, 77-88
- BRUNER, J. (1983). *Le développement de l'enfant : savoir faire savoir dire*. Paris : PUF.
- BRUNER, J. (1987). *Comment les enfants apprennent à parler*. Paris : RETZ
- JAUBERT, M. (2007). *Langage et construction de connaissances à l'école : un exemple en sciences*. Bordeaux : Presses universitaires de Bordeaux.
- JAUBERT, M. & REBIERE, M. (2019). Le scénario langagier didactique, un outil dans le processus de construction des savoirs ? Un exemple : l'enseignement et l'apprentissage de la lecture. *Raisons didactiques*, 23, 153-176.
- LHOSTE, Y. (2017). *Epistémologie et didactique des SVT*. Bordeaux : Presses Universitaires de Bordeaux. 163-173.
- VYGOTSKI, L. (1935). *Apprentissage et développement à l'âge pré-scolaire*

ANNEXE1

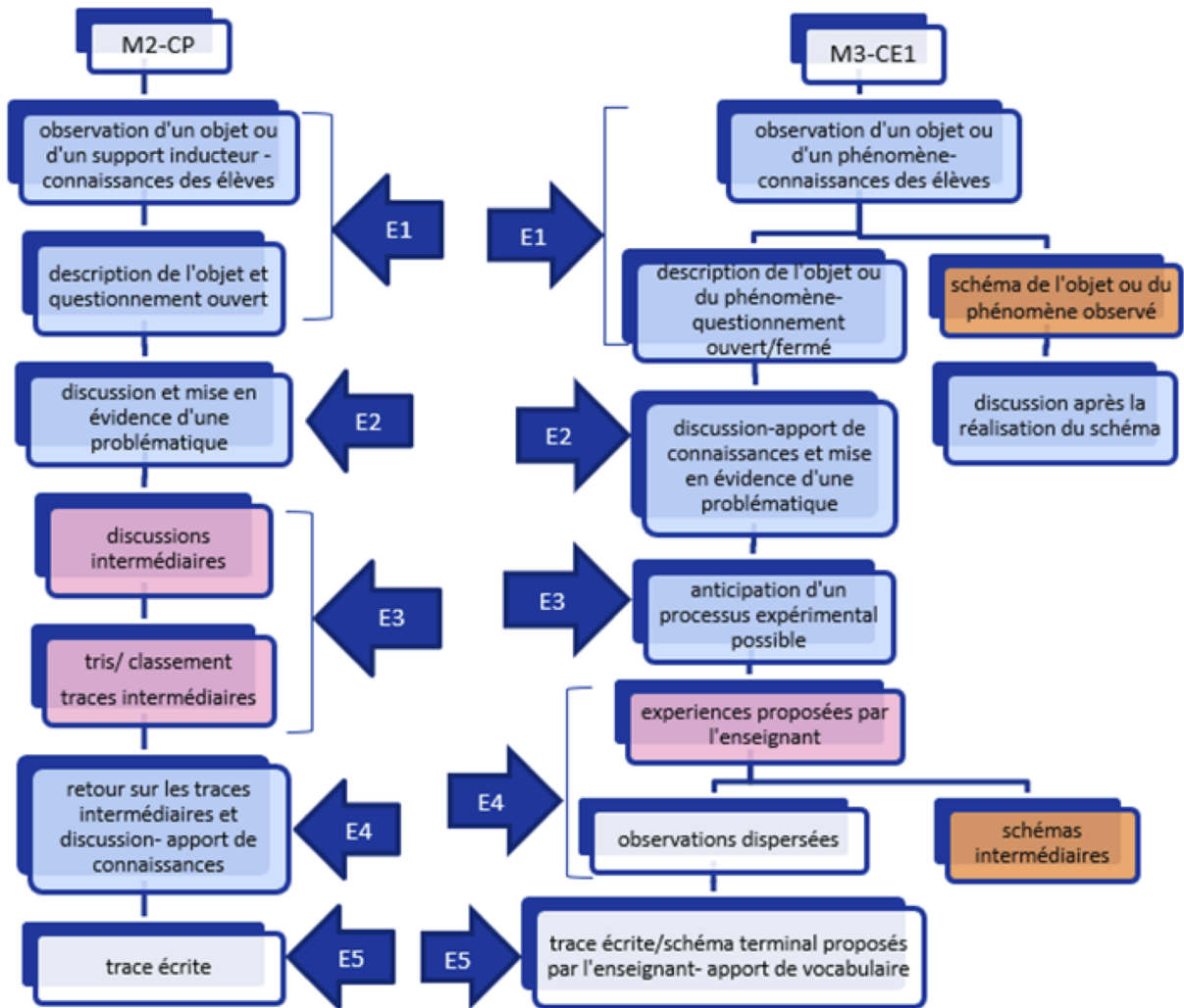


Figure 1 : synthèse des modèles d'organisation repérés dans les activités scientifiques (5 étapes identifiées de E1 à E5)

ANNEXE 2⁶

Extraits du corpus enseignant M2 (CP)	Caractéristiques de l'enrôlement
Mait 01 : on se dit tiens mais elle n'a que des pattes et pourtant elle est bien un animal aquatique	Enrôlement : Mise en évidence d'une situation problème guidée par des interactions M/E ⁶ précédentes
MAIT 24 : [...] on s'déplace euh// ⁷ nous avec des jambes les animaux sur la terre avec des pattes [...] alors on va aller un p'tit peu plus loin dans ce sens-là/et puis on va r'parler un p'tit peu d'nos/d'nos vers à soie	Focalisation sur le « mode de déplacement » des vers à soie guidée par le projet du maître
LOUIS 29 : ben ils//ben//quand j'ai observé j'ai vu qui z'avaient des p'tites pattes alors du coup ou i' rampent pas ou i' marchent	Focalisation intermédiaire sur une des caractéristiques des insectes : le nombre de pattes guidée par une interaction M/E
MAIT 32 : [...] très bien ils marchent parc'qu'on avait vu qu'ils avaient des p'tites pattes vous vous souvenez combien de petites pattes ils ont ?	
GASP 47 : ils font d'la soie GASP 49 : mais c'est quoi la soie ?	Enrôlement : focalisation intermédiaire (la soie) guidée par une interaction M/E
MAIT 52 : [...] bon on a vu qu'ils faisaient d'la soie/qu'est-c'que c'est la soie on m'le raconte	
ELEV 96 : oui mais dedans euh:: ⁸ moi j'avais vu un ver à soie dedans ELEV 99 : dans le gros bloc de soie ELEV 101 : c'est un cocon !	Enrôlement : nouvelle focalisation intermédiaire (le cocon) guidée par des interactions M/E
MAIT 103 : c'est quoi un cocon ? MAIT 124 : alors//qu'est-c'que vous savez sur les cocons	
PAUL 125 : ben les chenilles elles rentrent pour se transformer en papillons après MAIT 126 : chenilles ? MAIT 128 : alors comment ça s'passe ? les chenilles [...] elles trouvent le cocon et elles rentrent dedans ?	Enrôlement : nouvelle focalisation intermédiaire (la chenille) guidée par une interaction M/E (+ tissage avec les interactions précédentes)
MAIT 219 : ok et alors j'en reviens à mon idée de tout départ [...] pourquoi nos vers à soie ont six pattes ?	Retour à la focalisation du début guidée par les interactions M/E précédentes et le projet du maître

Tableau 1 : caractéristiques de l'enrôlement de M2 dans l'activité d'apprentissage

6 La couleur verte dans les tableaux 1 et 2 permet d'identifier les propos qui relèvent des interactions Maître/Elève

Dans cette annexe comme dans les suivantes, les signes / ou // ou /// signalent la durée des pauses énonciatives à l'intérieur de l'énoncé

Dans cette annexe comme dans les suivantes, les signes : ou :: ou ::: marquent la durée des allongements de syllabes

Extraits du corpus enseignant M3 (CE1)	Caractéristiques de l'enrôlement
MAIT 1 : on va quand même regarder notre T-shirt-là [...] dont on s'est servi hier pour éponger l'eau/ Martin tu vas voir c'que ça donne ?	Enrôlement : focalisation sur le constat d'un phénomène guidée par le projet du maître
MAIT 25 : elle est un peu partie dans l'ciel effectivement dans l'air [...] elle a fini par partir dans l'ciel comm' dit Ugo/dans l'air/ elle s'est évaporée donc quand elle s'est évaporée qu'est-ce qu'elle devient finalement ? ENRI 27 : elle devient du vent [...] MAIT 47 : [...] on voit des choses mais attention la vapeur d'eau on ne la voit pas elle est invisible parce que c'est comme a dit Enrique c'est pas tout à fait de l'air [...]	Focalisation intermédiaire sur l'air guidée les interactions M/E et par un apport d'information ⁹
MAIT 47 : qu'est-c'que c'est l'air ? MAIT 56 : [...] //qu'est-c'que c'est qu'l'air ?	
MAIT 60 : [...] pour l'instant on essaye de mettre un nom sur cette vapeur d'eau	Focalisation intermédiaire sur le vocabulaire guidée par le projet du maître - Apport d'information
MAIT 60 : [...] et c'est quoi la vapeur d'eau/quand elle part dans l'air comme ça/ qu'on n'la voit plus=	
MAIT 78 : vous avez jamais entendu parler de gaz ? MAIT 80 : y a des gaz toxiques/plein d'gaz/l'oxygène euh:/ dans l'air y a des gaz /	
MAIT 84 : celui-ci est toujours mouillé tiens c'est bizarre [...]	Enrôlement : nouvelle focalisation sur le constat d'un phénomène guidée par le projet du maître
MAIT 86 : il est un peu moins mouillé [...]	
MAIT 86 : [...] alors pourquoi il est un peu moins mouillé	
MAIT 104 : eh bien va r'garder si ça a changé là-bas/on a laissé un peu d'eau ici	Enrôlement : nouvelle focalisation sur l'évaporation de l'eau dans un bac, guidée par le projet du maître
MAIT 121 : Ali/ tu peux aller voir la température dans la boîte de bonbons	Enrôlement : focalisation sur le constat d'un phénomène guidée par le projet du maître
MAIT 123 : [...] le niveau de l'eau Sacha tu vas voir [...]	
MAIT 161 : comment on pourrait accélérer un p'tit peu cette expérience	Enrôlement : Focalisation sur l'expérimentation guidée par le projet du maître
MAIT 163 : comment est-c'qu'on pourrait accélérer ça	
MAIT 187 : alors comment est-ce qu'on pourrait accélérer encore plus ?	
MAIT 191 : autrement ? si vous faites la cuisine à la maison MAIT 198 : ben voilà quand on fait d'la cuisine qu'est-ce qu'on fait/parfois ? [...] qu'est-ce qu'on fait quand on fait:: des pâtes par exemple	Focalisation intermédiaire : expérience culinaire quotidienne guidée par le projet du maître
MAIT 214 : donc/je vais faire chauffer de l'eau avec un instrument qui n'est pas tout à fait une casserole [...]	Focalisation sur l'expérience à venir guidée par le projet du maître
MAIT 216 : [...] j'vais vous montrer [...]	
MAIT 216 : mais aujourd'hui c'qu'est important/on va faire quelques mesures/c'qui est important aujourd'hui c'est de faire un VRAI schéma	Enrôlement : nouvelle focalisation sur le schéma guidée par le projet du maître

Tableau 2 : caractéristiques de l'enrôlement de M3 dans l'activité d'apprentissage⁷

⁷ La couleur bleue dans les tableaux 1 et 2 permet d'identifier ce qui relève d'un apport informatif de la part de l'enseignant (notons qu'il n'y en a pas dans le tableau 1)

ANNEXE 3

MAIT 32 : très bien ils marchent parc'qu'on avait vu qu'ils avaient des p'tites
MAIT 43 : on les avait mis dans les animaux qui volent
MAIT 46 : six pattes comme les insectes
MAIT 53 : c'est un animal terrestre [...]il se déplace avec ses pattes/pourtant on avait remarqué qu'il avait six pattes [...] bon comme vous dites on a vu qu'ils faisaient d'la soie
MAIT 123 : très bien ils font des cocons Martin disait des boules de soie
MAIT 168 : qui est-c'qui peut nous répéter c'qui est en train d'se passer alors
MAIT 174 : non seul'ment comme disait Matis, elles créent/donc elles fabriquent toutes seules#
ELEV 175 : avec sa bave
MAIT 176 : leur cocon non pas avec la bave avec quoi ?
ELEV 177 : avec de la soie
MAIT 178 : et oui
MAIT 180 : mais en plus comme rajoute Maéva /elles vont se transformer toutes seules
MAIT 187 : donc elles se fabriquent//un cocon

Tableau 3 : les reformulations de M2 pour les maintenir les élèves centrés sur l'objectif visé

MAIT 25 : elle est un peu partie dans l'ciel effectiv'ment dans l'air qui nous==/entoure/ça veut dire que l'eau/qui était liquide//quand on l'a ramassée avec le T-shirt/elle a fini par partir dans l'ciel comm'dit euh: Ugo/dans l'air/elle s'est évaporée
MAIT 60 : vous m'avez dit l'eau s'est transformée en vapeur d'eau/elle s'est évaporée/ah non tient d'ailleurs j'veous ai dit vapeur d'eau alors que vous n'me l'aviez pas dit
MAIT 82 : alors ans ce T-shirt y avait de l'eau qui s'est transformée en gaz/ et est parti dans l'air de la pièce
MAIT 163 : l'eau:: liquide/on voit qu'elle part quand elle est dans les T-shirts les T-shirts finissent par sécher et quand on la laisse dans des récipients elle finit par s'en aller c'est c'qu'on a vu

Tableau 4 : les reformulations de M3, répétitions du phénomène déjà expliqué

ANNEXE 4

Tableau 5 : exemples de traces d'appropriation de raisonnements provoquées par le discours de M2

MAIT 01 : on se dit tiens mais elle elle n'a que des pattes et pourtant elle est bien un animal aquatique	EULA 02 : les poissons/pourtant i zont pas d'oreilles et eux et ceux qui sont sur la terre ils ont des oreilles
MAIT 32 : vous souvenez combien de petites pattes ils ont ? MAIT 39 : et Louis c'est toi qui l'avais dit // que // six pattes	LOUIS 40 : tous les insectes zont six pattes GASP 42 : et ça ressemble à un insecte / euh le ver à soie c'est un insecte
MAIT 152 : et voilà et là chenille//elle se transforme elle se transforme en quoi ?	ELEV 153 : en papillon ! ELEV 154 : mais comme là c'est des vers à soie eh ben ça va faire un papillon en soie
MAIT 236 : mais pourquoi c'est un insecte qu'est-ce qui te permet de dire ça ?	GASP 237 : parc'qu'ils sont de la même famille que= ¹⁰ MART 238 : parc'qu'ils se transforment ELEV 241 : parc'qu'ils se métamorphosent LUCY 252 : parce-que:: tout ce qui se transforme a six pattes !

Tableau 6: conduites explicatives spontanées dans la séance de M3 (1)

MAIT 47 : qu'est-ce que c'est l'air	JOSH 53 : des fois c'est de la sève d'arbre parce que les arbres ils aspirent la pollution et ça ressort y ressortent la pollution mais en air/propre
MAIT 56 : effectivement y a une histoire d'air et d'arbres mais on reparlera p't-être une autre fois de ça/qu'est-ce que c'est qu'air	GASP 59 : c'est que comm'le T-shirt a séché [...] peut-être que l'eau elle est partie ?
MAIT 60 : on va voir après pour l'instant on essaye de mettre un nom sur cette va:peur d'eau [...]	

Tableau 7 : conduites explicatives spontanées dans la séance de M3 (2)

MAIT 86 : alors pourquoi il est un peu moins mouillé MAIT 89 : il est pas suspendu il est en boule donc les gouttes ne tombent pas alors les gouttes sont tombées là ? MAIT 92 : il était mouillé avant il a séché plus longtemps	MART 88 : parc'que: je sais pas si c'est ça il est pas suspendu donc le gouttes elles tombent pas EULA 91 : parc'que euh : il était mouillé hier et le t-shirt il était mouillé avant et donc il a séché plus vite
MAIT 94 : alors j'crois qu'il a été mouillé au même moment hein/par contre j'ai laissé le mouchoir là/ posé alors qu'le t-shirt j'ai accroché MAIT 96 : alors qu'est-ce qui change ?	UGO 97 : c'est que là tu l'as suspendu et que là il est pas suspendu du coup l'eau elle peut pas s'évaporer
MAIT 100 : parce que quand on laisse sa serviette dans le sac de piscine longtemps elle ne sèche pas/elle ne s'évapore pas donc quand on laisse le mouchoir on va l'laisser sécher on va l'laisser comme ça et on va voir s'il sèche un peu mieux	

¹⁰ Le signe = marque la fin d'un énoncé auto interrompu

ENQUÊTE INTERNATIONALE VASI SUR LA PERCEPTION DE L'INVESTIGATION À LA SORTIE DE L'ÉCOLE PRIMAIRE ET DU LYCÉE PRÉSENTATION DES RÉSULTATS POUR LA FRANCE

Estelle Blanquet¹, Eric Picholle², Judith Lederman³, Norman Lederman³

1 : Laboratoire Cultures – Éducation – Sociétés (LACES EA 4140)

Université de Bordeaux (Bordeaux, France)

2 : Institut de Physique de Nice (INPHYNI)

CNRS : UMR7010, Université Nice Sophia Antipolis

3 : Illinois Institut Technology (IIT)

Résumé : Deux enquêtes internationales VASI (Views About Scientific Inquiry) ont été réalisées auprès d'élèves de sixième entrant en collège (11 ans) et d'élèves quittant le lycée (18 ans). Elles présentent un large panorama de la perception de la démarche d'investigation scientifique à travers le monde. Au total, 3597 élèves sortant du lycée et provenant de 26 pays différents et 2634 élèves sortant d'école primaire de 18 pays différents, ont été interrogés dans le cadre de cette étude. Pour la France, 109 élèves entrant en sixième (première année du collège) et 106 élèves en Terminale S (dernière année du lycée) ont participé. Les résultats obtenus semblent montrer que les élèves français, tout comme leurs camarades internationaux, possèdent, à l'entrée au collège, une compréhension limitée de la démarche d'investigation relativement aux questions posées. En revanche, les élèves sortant de Terminale S en ont une meilleure compréhension que dans de nombreux autres pays.

Mots-clés : démarche d'investigation, école primaire, lycée, VASI, étude internationale.

VASI INTERNATIONAL SURVEY ON THE PERCEPTION OF INQUIRY AT THE END OF PRIMARY SCHOOL AND HIGH SCHOOL PRESENTATION OF THE FRENCH RESULTS

Abstract : Two VASI (Views About Scientific Inquiry) international surveys were conducted among students leaving primary school (11 y.o.) and students leaving high school (18 y.o.). They present a broad panorama of the perception of the scientific investigation process throughout the world. A total of 3,597 high school students from 26 different countries and 2,634 students entering middle school (and just leaving primary school) from 18 different countries were surveyed in this study. For France, 109 students entering "sixième" and 106 students in Terminale S (High school last year) participated. The results obtained seem to show that French students, like their international comrades, have, upon entering college, a limited understanding of the investigative approach to the questions asked. On the other hand, pupils leaving Terminale S have a better understanding of it than in many other countries.

Keywords : scientific inquiry, primary school, High school, VASI, international study.

INTRODUCTION

L'enseignement des sciences par démarche d'investigation est aujourd'hui préconisé dans les programmes scolaires français, de l'école primaire jusqu'au lycée. Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture, précise d'ailleurs qu'il est attendu des élèves qu' « [ils sachent] mener une démarche d'investigation » (MEN, 2015). Il n'existe pas de définition unique de ce que serait la démarche d'investigation. Nombre de chercheurs en didactique des sciences en proposent, en effet, leur propre définition, tout comme de nombreux pays qui imposent dans leurs programmes scolaires leur propre vision de la démarche d'investigation. Plusieurs auteurs français (Blanquet, 2014 ; Boilevin et al., 2016, Coquidé et al., 2009) ont proposé des articles ou chapitres comparatifs de ces différentes visions de la démarche d'investigation, en s'intéressant par exemple aux différences présentes dans les programmes scolaires de différents pays (USA, France, Australie, Canada, Royaume-Uni, etc.) ou aux formulations proposées par différents chercheurs. Certains éléments semblent néanmoins communs à toutes ces approches :

La démarche d'investigation est avant tout une façon d'induire le questionnement et de le laisser se développer, spontanément, mais dans un cadre soigneusement chorégraphié, en encourageant tout à la fois la discussion entre pairs, pour élaborer les réponses, et le recours aussi systématique que possible à l'expérience pour éprouver les réponses des uns et des autres. Le meneur de jeu se fait donc guide et accoucheur, plutôt que figure d'autorité détentrice du savoir. (Blanquet, 2014, p. 120)

L'outil VASI (Views About Scientific Inquiry) développé par une équipe de chercheurs américains (Lederman et al., 2014) propose de tester la compréhension de la démarche d'investigation scientifique des élèves en s'appuyant à la fois sur leur propre vision de ce que devraient maîtriser des élèves ayant participé à des investigations scientifiques et sur les attendus pressentis par les Next Generation Science Standards américains (NGSS, 2013). Il s'agit d'une initiative de 26 états américains associés aux associations américaines d'enseignants en sciences et du National Research Council (émanation de l'Académie des sciences américaine), qui vise à poser les bases de ce que pourraient être les contenus communs des programmes des différents états américains, chaque état étant libre de définir son propre programme éducatif. Ils ont, pour cela, développé un questionnaire comportant plusieurs questions à réponses ouvertes sur les éléments suivants : (a) les investigations scientifiques commencent par une question et ne nécessitent pas systématiquement le test d'une hypothèse ; (b) il n'existe pas un séquençage unique des étapes pour toutes les investigations (i.e. il n'y a pas une méthode unique) ; (c) les procédures mises en place pour l'investigation sont en lien avec la question posée ; (d) des scientifiques qui suivent des procédures identiques peuvent ne pas aboutir aux mêmes conclusions ; (e) les procédures peuvent influencer les conclusions ; (f) les conclusions de la recherche doivent être cohérentes avec les données collectées ; (g) les données scientifiques diffèrent des conclusions ; (h) les explications sont générées par la combinaison des données collectées et de ce qui est déjà connu. Ce questionnaire s'inscrit dans un cadre théorique développé par cette équipe qui propose de distinguer ce qui relève de la Nature de la science, de ce qui relève de la démarche d'investigation scientifique, le questionnaire VNOS (Views of nature of Science) étant le pendant du questionnaire VASI (Lederman et al., 2002 et 2004, Dudl & Grandy, 2012). Cette équipe s'est ensuite interrogée sur l'appropriation de ces différents éléments par différentes populations d'élèves au niveau international, sans préjuger de ce que ces élèves avaient reçu comme formation au cours de leur scolarité. « Le but de ce projet international à grande échelle est de collecter les premières données d'une ligne de base sur ce que les élèves du premier cycle du secondaire ont appris sur la recherche scientifique au cours de leurs années d'école élémen-

taire » (Lederman et al., 2018), à partir d'un même questionnaire, puis de faire de même pour des élèves sortant du secondaire (K12 aux Etats-Unis, classe de terminale en France), en s'appuyant sur un très large panel international. Les résultats d'une première partie de cette étude internationale ont été publiés récemment (Lederman et al., 2018) et cette communication a pour objet d'en présenter le versant français.

109 collégiens de sixième de début d'année et 106 élèves de Terminale S (dernière année de lycée, section scientifique) ont été soumis au questionnaire VASI dans le cadre d'une étude internationale de grande ampleur, impliquant au total 26 pays et 6231 élèves. Les résultats français présentés dans cette communication sont mis en regard des résultats internationaux uniquement à des fins d'information, les auteurs de l'étude ne souhaitant pas que leurs résultats soient utilisés à des fins de comparaison entre les différents pays.

METHODE

Le questionnaire et la méthode utilisée pour déployer ce questionnaire sur différents pays ont fait l'objet de plusieurs publications internationales (Lederman et al., 2014 ; 2018). Faute d'espace disponible, nous nous limitons ici aux éléments liés à l'étude française. Le questionnaire en anglais a, dans un premier temps, été traduit en français par les chercheurs français, puis cette traduction a été traduite à nouveau en anglais par un angliciste et envoyée pour contrôle aux concepteurs du questionnaire afin d'assurer que les modifications apportées lors de la traduction conservaient l'esprit dans lequel les questions avaient été posées. Les questions posées, traduites en français, sont disponibles en annexe 1 et l'ensemble des traductions sont disponibles sur simple demande aux auteurs de l'étude.

La principale du collège public sélectionné (collège Ausone, Le Bouscat, Gironde) a précisé aux chercheurs qu'il appartient à un panel de collèges utilisés par le Ministère de l'Education Nationale pour des enquêtes nationales. Il est considéré comme représentatif des collèges français (en termes de résultats au brevet, de répartition socio-professionnelle des parents et d'élèves boursiers). Ces élèves proviennent de différentes écoles primaires du secteur de recrutement du collège. L'étude vise à documenter la perception de l'investigation à la sortie de l'école primaire d'un nombre d'enfants suffisant (environ une centaine), sans préjuger du fait qu'ils aient ou non bénéficié d'un enseignement scientifique à l'école primaire. L'absence d'informations sur l'enseignement scientifique qu'ils ont reçu préalablement à l'école primaire n'est donc pas considérée comme un obstacle dans cette étude ; les résultats obtenus n'ayant pas vocation à susciter des comparaisons entre pays, mais à la constitution d'une ligne de base internationale. Le lycée public sélectionné (élèves entre 15 à 18 ans) présente également des caractéristiques proches de celles de la moyenne nationale (en termes de résultats au baccalauréat, de répartition socio-professionnelle des parents et d'élèves boursiers). Les lycéens ont été sondés en 2017 avant la réforme des programmes de 2019. À la fin de leur première année de lycée, les lycéens devaient choisir une spécialité : sciences (S), économie (ES) ou littérature (L) ; seuls les étudiants de la spécialité S recevant une formation scientifique spécifique jusqu'à la fin de leur programme (TS, 16h30 par semaine, y compris les mathématiques, BOEN, 2011). Cette section a été choisie en accord avec les organisateurs de l'étude internationale. Les 109 élèves de sixième ont rempli le questionnaire à la fin du mois de septembre et les 106 élèves de Terminale S l'ont rempli au mois de juin, à la toute fin de l'année scolaire, juste avant leur examen national.

Les deux chercheurs français qui ont codé les réponses ont bénéficié d'une formation par l'équipe ayant conçu le questionnaire. Des exemples de réponses d'élèves et leur codage sont

disponibles en Annexe 2. 10 % des questionnaires ont été codés indépendamment par les deux chercheurs, puis ont été comparés et discutés pour assurer leur homogénéité. Le codage consiste en la classification des réponses dans quatre catégories : informée, mixte, naïve ou non réponse. Une réponse dont le contenu ne correspond pas à ce qui est attendu pour l'aspect considéré est codée « naïve » ; lorsque son contenu présente des éléments partiellement corrects, elle est codée « mixte » ; elle est « informée » lorsqu'elle contient tous les éléments attendus. L'explicitation des choix des différents niveaux d'appropriation des différents éléments de démarche scientifique évalués dans le questionnaire est présentée dans les travaux de Lederman (Lederman et al., 2014). Pour les autres questionnaires, le taux de concordance des codages pour chaque catégorie a été calculé pour vérifier la fiabilité du codage (supérieur à 80 % entre les deux chercheurs).

20 % des élèves de collège ont été interviewés pour confirmer à la fois la bonne compréhension par les élèves des questions posées, et la bonne interprétation de leurs réponses par les chercheurs. Le choix a été fait d'interroger parmi eux, ceux dont le manque de précision dans les réponses rendait difficile la catégorisation, en particulier sur l'aspect (d). Les questionnaires des lycéens ayant été remplis juste avant leur passage de l'examen du baccalauréat, ils n'ont pas été interviewés.

RESULTATS

ELÈVES ENTRANT AU COLLÈGE

La majorité des réponses se situent dans les catégories naïve et mixte (82 % en moyenne, entre 69 et 98 %, Tableau 1). La plupart des réponses sont courtes (quelques mots à quelques phrases). Pendant les entretiens, la plupart des élèves se sont avérés incapables d'élaborer des réponses plus développées que celles fournies à l'écrit. Les entretiens ont confirmé la plupart des catégorisations des réponses. Les élèves interviewés ont exprimé leur intérêt pour les questions proposées, dont la difficulté a été en général jugée « moyenne ».

Aspect	Naïve %	Mixed %	Informed %
Les investigations scientifiques commencent par une question	44.3 (Int) 41.3 (Fr)	29.5 (Int) 40.4 (Fr)	21.0 (Int) 7.3 (Fr)
Il n'existe pas un séquençage unique des étapes pour toutes les investigations	55.0 (Int) 78.9 (Fr)	33.5 (Int) 19.3 (Fr)	6.0 (Int) 1.8 (Fr)
Des procédures identiques peuvent ne pas aboutir aux mêmes conclusions	54.6 (Int) 46.8 (Fr)	25.4 (Int) 38.5 (Fr)	14.3 (Int) 2.8 (Fr)
Les procédures peuvent influencer les conclusions	40.5 (Int) 53.2 (Fr)	33.2 (Int) 27.5 (Fr)	16.5 (Int) 2.8 (Fr)
Les conclusions de la recherche doivent être cohérentes avec les données collectées	40.5 (Int) 47.7 (Fr)	20.1 (Int) 22.9 (Fr)	33.4 (Int) 16.5 (Fr)
Les procédures mises en place pour l'investigation sont en lien avec la question posée	44.9 (Int) 23.9 (Fr)	19.9 (Int) 54.1 (Fr)	27.7 (Int) 7.3 (Fr)
Les données scientifiques diffèrent des conclusions	49.0 (Int) 42.2 (Fr)	31.9 (Int) 45.9 (Fr)	10.5 (Int) 5.5 (Fr)
Les explications sont générées par la combinaison des données collectées et de ce qui est déjà connu	41.3 (Int) 71.6 (Fr)	37.9 (Int) 8.3 (Fr)	11.0 (Int) 0.9 (Fr)

Tableau 1. : résultats des élèves français au test VASl (Fr) et moyenne internationale (Int) (total inférieur à 100 %, les non réponses n'étant pas indiquées dans le tableau)

Moins de 7 % des réponses sont « informées » quelque soit l'aspect considéré, à l'exception de l'aspect « les conclusions de la recherche doivent être cohérentes avec les données collectées » avec 16 % de réponses informées. 29 % des élèves présentent, pour au moins un des aspects du questionnaire, une réponse informée. Deux élèves ont des réponses informées pour 5 aspects du questionnaire. Les réponses de 36 % des élèves sont placées dans les catégories « informée » ou « mixte » pour 4 aspects ou plus. 45 % des élèves ont des réponses dans les catégories « informée » ou « naïve » pour moins de 3 aspects.

Les réponses d'une partie significative des élèves, concernant la nécessaire cohérence entre les données collectées et les conclusions formulées, s'avèrent satisfaisantes (16 % informés). Les deux items relatifs au statut de la « question » dans une investigation obtiennent des résultats satisfaisants, avec 61 % des élèves dans la catégorie « mixte » ou « informée », lorsqu'il s'agit de répondre à la question portant sur le fait que les procédures doivent être guidées par la question posée et 48 %, lorsqu'il s'agit d'affirmer qu'une investigation commence par une question (la question testant ce dernier aspect est liée à des phénomènes de la vie courante ; ce qui a pu aider les élèves à la comprendre). Néanmoins, si la moitié d'entre eux sont capables, lorsqu'on leur propose plusieurs procédures, d'identifier la procédure permettant de répondre à la question posée, très peu s'avèrent capables de justifier leur choix. De même, très peu d'élèves justifient leur choix relatif au fait qu'une investigation commence par une question. Le choix a été fait dans le questionnaire d'utiliser le terme enquête plutôt que le terme investigation, jugé plus commun et susceptible d'être compris par de jeunes élèves, y compris s'ils n'ont pas vécu d'investigation en classe.

Les termes data et evidence pour lesquels la question de la distinction éventuelle entre ces deux termes était posée, ont soulevé des problèmes de traduction, dans la mesure où le français n'offre pas de traduction directe pour evidence. Dans le questionnaire, ce terme a été traduit par « conclusion » qui induit l'idée du traitement de l'information. Si cette traduction a pu conduire au taux bas de « non réponse » (8 %) et à une possible surestimation de la compréhension par les élèves de la distinction attendue entre les données et leur traitement, les réponses informées apparaissent rares (5 %) et seule la moitié des élèves (51 %) ont été catégorisés « mixtes » ou au dessus, pour cet aspect.

En ce qui concerne la part des réponses dans la catégorie « naïve », les résultats français se distinguent de la moyenne internationale sur deux questions (« il n'existe pas un séquençage unique des étapes pour toutes les investigations » et « les explications sont générées par la combinaison de données collectées et de ce qui est déjà connu »). Dans les deux cas, cette catégorisation n'est pas tant due à des affirmations erronées des élèves qu'à des formulations trop succinctes, ne permettant pas de les classer dans une autre catégorie. On constate, par ailleurs, sur la quasi-totalité des questions, que les élèves français se situent de façon plus importante que dans les autres pays, dans la catégorie « mixte ». Un élément d'explication de cette différence pourrait de même être lié à la propension importante des élèves français à produire de réponses très courtes et donc, souvent incomplètes.

ELÈVES SORTANT DU LYCÉE (TERMINALE S, SCIENTIFIQUE)

La majorité des réponses se situent dans la catégorie informée (64 % en moyenne, Tableau 2).

Aspect	Naïve %	Mixed %	Informed %
Les investigations scientifiques commencent par une question	40.8 (Int) 18.9 (Fr)	20.3 (Int) 5.7 (Fr)	35.9 (Int) 73.6 (Fr)
Il n'existe pas un séquençage unique des étapes pour toutes les investigations	42.5 (Int) 10.4 (Fr)	39.8 (Int) 21.7 (Fr)	15.3 (Int) 59.4 (Fr)
Des procédures identiques peuvent ne pas aboutir aux mêmes conclusions	35.9 (Int) 14.2 (Fr)	27.7 (Int) 29.2 (Fr)	34.4 (Int) 54.7 (Fr)
Les procédures peuvent influencer les conclusions	39.2 (Int) 11.3 (Fr)	28.1 (Int) 29.2 (Fr)	28.3 (Int) 53.8 (Fr)
Les conclusions de la recherche doivent être cohérentes avec les données collectées	40.3 (Int) 20.8 (Fr)	16.2 (Int) 8.5 (Fr)	39.8 (Int) 68.9 (Fr)
Les procédures mises en place pour l'investigation sont en lien avec la question posée	36.4 (Int) 2.8 (Fr)	14.1 (Int) 12.3 (Fr)	44.2 (Int) 78.3 (Fr)
Les données scientifiques diffèrent des conclusions	41.1 (Int) 6.6 (Fr)	36.2 (Int) 17.0 (Fr)	18.2 (Int) 72.6 (Fr)
Les explications sont générées par la combinaison des données collectées et de ce qui est déjà connu	27.0 (Int) 12.3 (Fr)	40.0 (Int) 20.8 (Fr)	27.3 (Int) 52.8 (Fr)

Tableau 2. : résultats des élèves français au test VASI (F) et moyenne internationale (Int), (total inférieur à 100 %, les non réponses n'étant pas indiquées dans le tableau)

Les réponses des lycéens sont claires et détaillées. Comme la qualité des réponses de l'élève laisse peu de place au doute, les codages des deux chercheurs étaient généralement similaires et, au besoin, un accord facile à trouver (taux de concordance entre 93 et 100 %). Les résultats des lycéens français en TS apparaissent significativement plus élevés que la moyenne internationale pour tous les aspects explorés dans le questionnaire.

ANALYSE ET CONCLUSION

L'étude VASI montre qu'en moyenne, les élèves français à la sortie de l'école primaire ont une représentation encore très naïve ou au mieux, intermédiaire de la démarche d'investigation. Ces résultats sont en adéquation avec les études de la DEPP (Cedre-2013, 2014 & Cedre-2018, 2019) selon lesquelles moins de 10 % des élèves maîtrisent pleinement la démarche d'investigation à la sortie de l'école primaire.

Si les données recueillies pour constituer une ligne de base internationale ne permettent pas de comparaison facile pays par pays, il est toutefois possible de comparer les résultats d'un pays donné, aux résultats globaux obtenus pour tenter d'identifier des raisons possibles aux résultats trouvés en lien avec le contexte propre à chaque pays. C'est ce qui a été demandé à chaque pays participant à l'étude (Lederman et al., 2018) et que nous précisons ci-dessous :

Élément (a) : les investigations scientifiques commencent par une question et ne nécessitent pas systématiquement le test d'une hypothèse : la proportion plus importante d'élèves classés

dans la catégorie « mixte » pourrait s'expliquer par le fait qu'en France le questionnement est au cœur de la démarche d'investigation telle que proposée par exemple, sur le site Eduscol (Eduscol, 2016), il n'est pas suggéré que la démarche d'investigation « commence » par une question. Cette affirmation est d'ailleurs sujette à débat et certains élèves se sont, par exemple, appuyés judicieusement sur la première question posée pour justifier qu'une investigation pouvait démarrer par une observation.

Élément (b) : il n'existe pas un séquençage unique des étapes pour toutes les investigations (i.e. il n'y a pas une méthode unique) : les mauvais résultats français nous semblaient être avant tout associés au fait que les élèves ne justifiaient pas leur réponse (la quasi-totalité des élèves pensent qu'il n'y a pas de méthode unique mais en absence de justification, les réponses étaient catégorisées comme « naïves »), plutôt qu'au fait qu'ils soient convaincus qu'il existe une méthode unique. Les résultats des élèves de terminale ont tendance à conforter cette hypothèse.

Élément (c) : les procédures mises en place pour l'investigation sont en lien avec la question posée : les élèves français s'avèrent nombreux à fournir la bonne réponse, mais justifient souvent très peu leurs réponses, d'où une forte proportion des élèves dans la catégorie « mixte ».

Élément (d) : des scientifiques qui suivent des procédures identiques peuvent ne pas aboutir aux mêmes conclusions et élément (e) : les procédures peuvent influencer les conclusions : il est difficile de mettre en perspective les réponses à ces deux questions des élèves français au regard des réponses internationales. Il est cependant peu probable que les élèves aient reçu un enseignement explicite relatif à ces deux éléments au cours du primaire.

Élément (f) : les conclusions de la recherche doivent être cohérentes avec les données collectées : cette question demandait la lecture d'un tableau double entrée avec présence délibérée d'une anomalie. Elle a posé des difficultés liées à la compréhension du tableau pour une part des élèves, certains s'abstenant de répondre. Il est à noter que dans beaucoup des pays participant à l'étude, les élèves sortent de primaire avec une année de plus.

Élément (g) : les données scientifiques diffèrent des conclusions et élément (h) : les explications sont générées par la combinaison des données collectées et de ce qui est déjà connu : il s'avère que les élèves français sont bien plus déstabilisés que leurs camarades étrangers par la question h, avec un taux important de non-réponses. Il est à noter que c'était également la dernière question du questionnaire et que certains d'entre eux ont pu se décourager. Néanmoins, la forte variation dans les proportions suggèrent tout de même que les élèves interrogés n'ont pas été sensibilisés au caractère collectif et cumulatif de la connaissance scientifique, ce qui concorderait bien avec l'absence de toute référence à ces idées, dans les programmes de primaire et dans les recommandations disponibles sur Eduscol.

Les lycéens TS testés sont principalement informés pour tous les aspects de VASI (53 à 78 %) à la différence des élèves étrangers. Comme ces lycéens suivent également un cours de philosophie (3h/semaine) qui met explicitement l'accent sur la nature de la science, la combinaison de cours de philosophie et de cours comprenant des pratiques expérimentales, leur participation à ces cours pourrait expliquer ces très bons résultats. Par ailleurs, les tests PISA soulignent que le système français est très sélectif (DEPP, 2016). Les lycéens TS interrogés appartiennent, pour la plupart, au groupe des lycéens qui disposent des meilleurs résultats en mathématiques et en sciences en fin de première année de lycée général. La filière du lycée général étant elle-même

sélective, le système d'orientation français conduit de nombreux collégiens ayant des résultats scolaires faibles à s'orienter dans les filières techniques et professionnelles.

Le choix du public interrogé (élèves de TS) ne permet donc pas d'avoir un aperçu de la capacité du système éducatif français à développer la compréhension de la démarche scientifique en fin de scolarité obligatoire. Une étude complémentaire impliquant des lycéens ayant aujourd'hui la majeure économie ou littérature ainsi que des élèves engagés dans les filières techniques et professionnelles serait nécessaire pour apporter des premiers éléments de réponses.

Les différences à la fois entre les systèmes éducatifs des pays engagés dans l'étude et entre les élèves sondés pour chaque pays étant nombreuses, cette étude, si elle permet un positionnement des groupes d'élèves sondés, ne permet en revanche pas de comparaison des résultats entre les différents pays participants. Une étude complémentaire réalisée avec des élèves de CM1 est en cours d'analyse. Les trois études réunies permettront « d'élucider une progression complète de la compréhension des élèves en SI, du début de l'école élémentaire à l'achèvement du secondaire dans le monde entier » (Lederman, 2018).

BIBLIOGRAPHIE

- Blanquet, E. (2014). *La Construction de critères de scientificité pour la démarche d'investigation : une approche pragmatique pour l'enseignement de la physique à l'école primaire*. Thèse de doctorat de l'Université de Nice. En ligne : <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:42783>
- Boilevin, J.-M., Delsérieys, A., Brandt-Pomares, P. & Coupaud, M. (2016). Démarches d'investigation. Histoire et enjeux. In C. Marlot & L. Morge (Eds.), *L'investigation scientifique et technologique. Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire* (p. 23-44). Rennes : PUR.
- BOEN. (2015). *Bulletin Officiel de l'Education Nationale*. Socle commun de connaissances, de compétences et de culture. (NOR MENE1506516D)
- BOEN. (2011). *Bulletin Officiel de l'Education Nationale*. Bulletin officiel spécial n°8 du 13 octobre 2011. Annexe : Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de physique-chimie. Classe terminale de la série scientifique. (NOR MENE1119475A).
- Coquidé, M., Fortin, C. & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*.
- DEPP. (2019). Direction de l'Évaluation, de la Prospective et de la Performance. Ce-dre 2007-2013-2018 – Sciences en fin d'école : des résultats stables depuis 11 ans et un niveau plus homogène. Note d'information, n°19.32, septembre 2019.
- DEPP. (2016). Direction de l'Évaluation, de la Prospective et de la Performance. PISA 2015: l'évolution des acquis des élèves de 15 ans en compréhension de l'écrit et en culture mathématique. Note d'information n°38.
- DEPP (2014). Direction de l'Évaluation, de la Prospective et de la Performance. CE-DRE-2013 : Grande stabilité des acquis en sciences en fin d'école depuis 2007. Note d'information, n°27, juillet 2014.
- Eduscol (2016). *Questionner le monde du vivant, de la matière et des objets. Mettre en œuvre son enseignement dans la classe. Repères pour la mise en œuvre d'une séquence*.
https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Le_monde_du_vivant/01/3/RA16_

- C2_QMON_1_repere_mise_en_oeuvre_sequence_555013.pdf
- Lederman, N. (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. Flick & N. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 301–317). Dordrecht, Netherlands : Kluwer.
- Lederman, N., Adb-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(6), 497–521.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A. & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry—The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *J Res Sci Teach*, *51*: 65–83. doi:10.1002/tea.21125
- Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., Bao, C., Blanquet, E., Blonder, R., Soares de Andrade, M.-B., Buntting, C. , Cakir, M. , EL-Deghaidy, H. , ElZorkani, A. , Gaigher, E. , Guo, S. , Hakanen, Arvi , Hamed Al-Lal, S. , Han-Tosunoglu, C. , Hattingh, A. , Hume, A. , Irez, S. , Kay, G. , Kivilcan Dogan, O. , Kremer, K. , Kuo, P.-C. , Lavonen, J. , Lin, S.-F. , Liu, C. , Liu, E. , Liu, S.-Y. , Lv, B. , Mamlok-Naaman, R. , McDonald, C. , Neumann, I. , Pan, Y. , Picholle, E. , Rivero Garcia, A. , Rundgren, C.-J. , Santibanez-Gomez, D. , Saunders, K. , Schwartz, R. , Voitle, F. , von Gyllenpalm, J. , Wei, F. , Wishart, J. , Wu, Z. , Xiao, H. , Yalaki, Y. & Zhou, Q. (2018). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. *Journal of Research in Science Teaching*, *56* (4) : 486-515. <https://doi.org/10.1002/tea.21512>
- NGSS Lead States. (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States (Appendix F - Science and Engineering Practices in the NGSS). Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/>

ANNEXE 1 TRADUCTION DU QUESTIONNAIRE VASI EN FRANÇAIS (LEDERMAN ET AL., 2018)

1. Une personne intéressée par les oiseaux regarde des centaines de différentes sortes d'oiseaux qui mangent différents types de nourriture. Elle remarque que la forme du bec des oiseaux qui mangent le même type de nourriture tend à être semblable. Par exemple, les oiseaux qui mangent des noix à coquille dure ont des becs courts et solides, alors que les oiseaux mangeurs d'insectes ont des becs longs et minces. Elle se demande si la forme du bec d'un oiseau est associée à son type de nourriture et elle commence à rassembler des informations pour répondre à la question. Elle conclut qu'il y a effectivement une relation entre la forme du bec des oiseaux et leur type de nourriture.

a. A ton avis, l'enquête réalisée par cette personne est-elle scientifique ? Explique pourquoi tu penses qu'elle est scientifique ou qu'elle ne l'est pas.

b. A ton avis, l'enquête menée par cette personne est-elle une expérience ? Explique pourquoi tu penses cela.

c. Est-ce que tu penses qu'une même enquête scientifique peut être menée selon plusieurs méthodes ?

- Si tu penses qu'il n'y a qu'une seule façon de mener une enquête scientifique, explique pourquoi.

- Si tu penses qu'il y a plusieurs façons de mener une enquête scientifique, décris deux enquêtes qui suivent différentes méthodes. Explique en quoi ces façons de faire sont différentes et en quoi elles peuvent pourtant être considérées comme scientifiques.

2. On demande à deux élèves si une enquête scientifique doit toujours commencer par une question scientifique. L'un d'eux répond que oui et l'autre que non. Avec lequel des deux es-tu d'accord ? Pourquoi ? Donne un exemple.

3. a. Si plusieurs scientifiques se posent la même question et procèdent de la même façon pour récupérer des informations, arriveront-ils nécessairement aux mêmes conclusions ? Explique ta réponse.

b. Si plusieurs scientifiques se posent la même question et procèdent de façon différente pour récupérer des informations, arriveront-ils nécessairement aux mêmes conclusions ? Explique ta réponse.

4. A ton avis, les mots «informations» et «conclusions» veulent-ils dire la même chose ? Donne un exemple.

5. Un jour, deux équipes de scientifiques qui marchaient vers leur laboratoire ont vu une voiture arrêtée avec un pneu crevé. Ils se sont tous demandé si les pneus de certaines marques avaient plus de chances de crever.

- L'équipe A est retournée à son laboratoire et a testé les performances de différentes marques de pneus sur trois types de revêtement de rue.

- L'équipe B est retournée à son laboratoire et a testé les performances d'une seule marque de pneus sur trois types de revêtement de rue.

Explique en quoi la façon de faire d'une équipe est meilleure que celle de l'autre.

6. Le tableau montre la relation entre la croissance de la taille d'une plante en une semaine et le nombre de minutes de lumière qu'elle a reçu chaque jour de la semaine.

(par exemple, lorsqu'une plante ne reçoit pas de lumière (0 minute de lumière, première ligne),

elle grandit de 25 centimètres pendant la semaine)

Nombre de minutes de lumière par jour	Croissance de la taille de la plante (en centimètres par semaine)
0	25
5	20
10	15
15	5
20	10
25	0

a. Compte tenu des données du tableau, entoure la phrase de conclusion avec laquelle tu es d'accord.

Plus les plantes reçoivent de soleil, plus elles grandissent.

Moins les plantes reçoivent de soleil, plus elles grandissent.

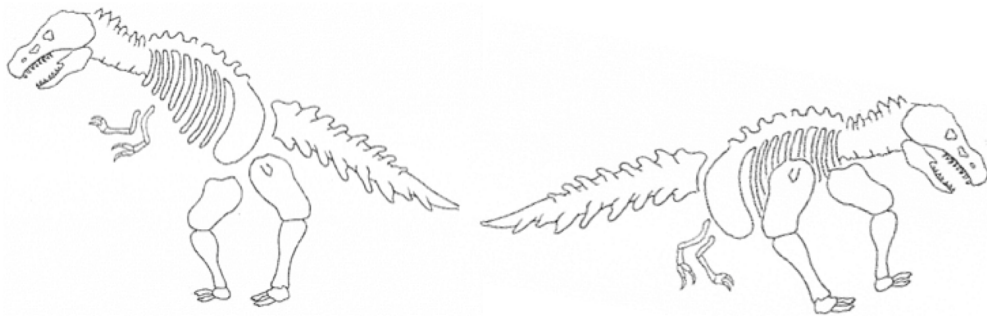
ou encore :

La croissance des plantes n'est pas liée à la quantité de soleil qu'elles reçoivent.

Explique pourquoi :

b. Pourquoi as-tu choisi cette conclusion ?

7. Un groupe de scientifiques a trouvé des os de dinosaures fossilisés. Les scientifiques voient qu'il est possible d'arranger les os ensemble de deux façons différentes.



a. Indique deux raisons au moins qui font que, d'après toi, la plupart des scientifiques considèrent que le squelette de gauche correspond à un animal dont les os sont mieux positionnés.

b. A ton avis, en repensant ta réponse à la question précédente, quel type d'informations les scientifiques utilisent-ils pour expliquer leurs conclusions ?

ANNEXE 2

Exemples de réponses à la fois dans les catégories naïves et informées pour les huit aspects de l'investigation scientifique considérée. Tableau 4. extrait de JRST, 2014, Lederman et al., Meaningful Assessment of Learners' Understandings About Scientific Inquiry—The Views About Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire

Exemplary responses in both the informed and naïve categories across eight aspects of SI

Aspect Knowledge of Inquiry	More Naïve Views	More Informed Views
1. Scientific investigations all begin with a question but do not necessarily test a hypothesis	"I agree with no, because they don't always need to have a question."	"Yes, because in order to know what to investigate you have to have a question asking you or telling you what to find."
2. There is no single set and sequence of steps followed in all scientific investigations (i.e., there is no single scientific method)	"because you have to have the scientific method: purpose, hypothesis, procedure. . ."	"Yes the scientist could (1) dissect frogs, observe internal organs or (2) Grow plants and change a part of photosynthesis"
3. Inquiry procedures are guided by the question asked	"Team B's procedure is better because they show the tires reactions to different types of roads."	"Team A's procedure is better because it matches the question. My evidence is that both the question and Team A's procedure involves different types of tires."
4. All scientists performing the same procedures may not get the same results	"Yes they would because they're doing the same thing step by step"	"If several scientists are working independently, ask the same questions and follow the same procedure to collect data they won't necessarily draw the same conclusion because things can be different indicators to different people based on their experiences, they may also collect different data and data leads to different conclusions."
5. Inquiry procedures can influence the results	"Yes because if you have the same question it must lead to the same answer no matter what the procedures are."	If they are doing different procedures they may get them different results."
6. Research conclusions must be consistent with the data collected	"Plants need water, food and sunlight to grow."	"Plants grow taller with less sunlight because you can see on the data table above you see the more light the less it grow."
7. Scientific data are not the same as scientific evidence	"They are the same because you collect both."	"Data is stuff you observe from an experiment, evidence is organized data making them support the conclusion."
8. Explanations are developed from a combination of collected data and what is already known	"Because it is bigger."	"I think they use the main dino structure, their prior knowledge of how the dino looked, and fixing the dino like a puzzle."

ENSEIGNEMENT DE LA RELATION MATIÈRE COLORÉE / STRUCTURE MOLÉCULAIRE ÉTUDE DE PRATIQUES ENSEIGNANTES EN PREMIÈRE S

Corentin Melin¹, Isabelle Kermen¹

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR)

Université d'Artois, Université Paris Diderot - Paris 7 : EA4434, Université de Cergy Pontoise,

Université de Rouen Normandie, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12

Résumé : L'enseignement de la relation structure-propriété d'une substance consiste principalement à mettre en évidence les liens existant entre le niveau macroscopique et le niveau submicroscopique, entre le registre empirique et le registre des modèles, mais aussi entre les concepts de physique et ceux de chimie. Dans le cadre de la double approche didactique et ergonomique, nous étudions les pratiques de trois enseignants lors d'une séance de travaux pratiques en première S portant sur le jus de cuisson du chou rouge, mélange permettant d'illustrer les enjeux de la relation évoquée dans le cas de la couleur, notamment son interprétation en lien avec la structure des entités constituant la substance. Nos analyses montrent que les itinéraires cognitifs prévus sont variés et ne permettent pas toujours, à priori, d'atteindre les objectifs d'enseignement présentés sur cette relation structure-propriété. L'étude du déroulement vient confirmer ces doutes et révéler des ambiguïtés dans la présentation des concepts, compromettant l'apprentissage des élèves.

Mots-clés : didactique de la chimie, relation structure-propriété, couleur, modèle, pratiques enseignantes

TEACHING THE RELATION COLOURED MATTER / MOLECULAR STRUCTURE STUDY OF TEACHING PRACTICES IN GRADE 11

Abstract : Teaching the structure-property relationship of a substance mostly deals with highlighting the links between the macroscopic level and the submicroscopic one, the empirical and the model register and between physics concepts and chemical ones. According to the double and didactic ergonomic approach the practices of three teachers are here under study in the context of a grade 11 labwork session on red cabbage cooking juice. This mixture enables us to illustrate the issues of the above-mentioned relationship in the case of colour and particularly its interpretation related to the structure of the entities that compose the substance. Our analyses show that the expected cognitive pathway are diverse but do not always a priori allow reaching the targeted objective regarding the structure-property relationship. The study of the unfolding session confirms these doubts and reveals ambiguities in the presentation of concepts which compromise the students learning.

Keywords : chemistry didactics, structure-property relationship, colour, model, teaching practices

INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

Dans le cadre d'une étude plus générale en didactique de la chimie, nous avons constaté un fait intéressant : les trois enseignants de première scientifique (1eS) que nous avons observés dans leurs pratiques, ont tous fait le choix d'organiser une séance de travaux pratiques (TP) sur un même objet d'étude (le jus de cuisson du chou rouge), mais selon des modalités résolument différentes (dispositif expérimental, questionnement, etc.).

Ces TP s'inscrivaient dans une séquence visant à étudier le lien qui peut être fait entre la couleur d'une substance et sa structure moléculaire, que nous appellerons par la suite relation « couleur-structure ». En effet, les auteurs des programmes français de 2011-2019 en physique-chimie pour la classe de 1eS (MEN, 2010) consacrent une part notable à l'étude physico-chimique de la couleur, avec notamment une attention portée à cette relation.

L'objectif de cette communication est donc d'explorer des pratiques enseignantes, en nous intéressant tout particulièrement aux choix effectués par ces enseignants dans leur présentation d'un savoir de chimie.

CADRES DE RECHERCHE

DOUBLE APPROCHE DIDACTIQUE ET ERGONOMIQUE

Les pratiques de ces enseignants ont été étudiées selon la double approche didactique et ergonomique, développée par Robert et Rogalski (2002). Ces auteures considèrent que les pratiques enseignantes exercent une influence notable sur les activités des élèves, considérées comme « vecteurs d'apprentissage potentiel » (Robert & Rogalski, 2002, p. 507). Comme l'écrivent Molvinger, Chesnais et Munier (2017, p. 136), « les analyses sont guidées par la recherche de la caractérisation des activités possibles des élèves, à partir de ce qui est proposé par l'enseignant et des traces observables des activités en classe ». Ainsi, toute séance en classe analysée selon ce cadre, est scrutée sous deux angles d'approche.

Le premier consiste à reconstituer le scénario de chaque enseignant, i.e. « l'ensemble des tâches prévues par l'enseignant pour ses élèves pendant une séance (itinéraire cognitif), avec les formes de gestion qui les accompagnent » (Robert & Rogalski, 2002, p. 522, note 4). Les tâches de l'itinéraire cognitif sont déterminées à partir des énoncés préparés par les enseignants, susceptibles de provoquer une activité chez les élèves et la gestion évoquée prend en compte « [l'] ordre de déroulement spécifié et [la] répartition précise des rôles entre enseignant et élèves » (Ibid.).

Le deuxième aborde la mise en œuvre de ce scénario au cours de la séance et donc, le déroulement de celle-ci, toujours dans une visée de détermination des activités possibles des élèves. Pour cela, les séances sont découpées chronologiquement en épisodes, en fonction des tâches en jeu, ce qui permet ensuite d'étudier « les temps et les différentes formes de travail en fonction des contenus, les échanges verbaux, les aides prodiguées par l'enseignant, etc. » (Molvinger et al., 2017, p. 136). En somme, les traces des activités des enseignants évoquées ici permettent l'appréciation de l'apprentissage potentiel des élèves.

Cadre d'analyse didactique

Pour l'étude du savoir enseigné dans la séance de TP, nous avons recours à un cadre d'analyse propre à l'épistémologie de la chimie dans lequel trois registres de savoirs sont distingués (Kermen, 2018a; 2018b) : le registre expérimental qui porte sur la réalité (perçue RP et idéalisée RI), le registre des modèles et le registre des théories. En l'occurrence, les propriétés de la matière comme la couleur (registre expérimental), peuvent être reliées à sa structure (registre des modèles). Les modèles introduits s'inscrivent, quant à eux, dans des idées ou des concepts généraux (registre des théories).

Ce cadre d'analyse permet d'éclairer les éléments importants nécessaires à l'explication de la relation couleur-structure dans le cas du jus de cuisson du chou rouge et pour un enseignement au lycée (cf. Cayot, 2011). En ce qui concerne le registre expérimental, les élèves doivent réaliser des observations (réalité perçue) pour prendre conscience du phénomène : lorsque le jus de cuisson du chou rouge, de couleur bleue, est mis en présence de solutions incolores de pH variés, une diversité de couleurs est obtenue (rouge, violet, jaune ou bien vert). Un deuxième niveau de description, dit de réalité idéalisée, correspond à celui du chimiste : le jus de cuisson du chou rouge contient des substances, extraites des feuilles du chou, faisant partie de la famille des anthocyanes.

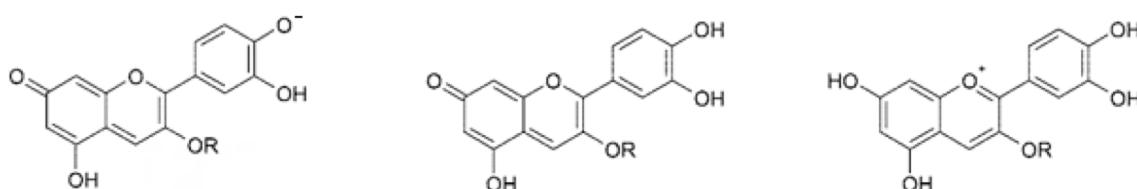


Figure 1. : Formules d'anthocyanes

En l'absence de lumière, c'est-à-dire de rayonnement visible, aucune couleur n'est possible. De plus, une grande diversité de couleurs peut être observée selon les composés considérés. Ainsi, des caractéristiques propres au rayonnement et propres à la matière étudiée sont nécessaires à la compréhension de l'interaction qui s'opère entre la lumière et la matière. Les faits expérimentaux précédemment décrits s'interprètent à partir de différents modèles.

Dans le cas du jus de cuisson du chou rouge, son mélange avec des espèces acido-basiques produit des transformations chimiques au sein de la solution. Ces dernières sont modélisées par des réactions acido-basiques (au sens de Brønsted), mettant en jeu les différentes espèces d'anthocyanes impliquées dans des couples acido-basiques. La proportion des espèces des différents couples est liée au pH de la solution. Puisque chacune d'elles est associée à une couleur bien précise, un changement de couleur du jus de cuisson du chou rouge correspond à un changement d'espèce prédominante (Barham et al., 2010, p. 2337), ce qui fait de cette solution un indicateur coloré acido-basique.

Un premier modèle qualitatif a été développé par Witt (1876, p. 523; 1888, p. 325) pour expliquer le lien entre la couleur et la structure moléculaire d'une espèce chimique : selon les résultats expérimentaux obtenus sur les colorants connus à son époque, il propose de décomposer les molécules organiques en unités discrètes dont la combinaison totale peut donner naissance ou non à une couleur (cf. Griffiths, 1984, p. 21-22). Les doubles liaisons conjuguées entre éléments carbone et les fonctions alcool, qui sont des exemples de ces « unités » dans les formules

d'anthocyanes (Figure 1.), sont appelées respectivement chromophore et auxochrome. Cette classification, bien que fondée empiriquement seulement, est encore répandue aujourd'hui, notamment dans les salles de classe et les manuels (voir par exemple Prévost & Richoux, 2011, p. 104). Néanmoins, les travaux de Witt ne prennent pas en compte le rôle de la lumière.

Un modèle physico-chimique basé sur les résultats de Planck, Einstein et Bohr permet d'aller plus loin. Les photons modélisant les différentes radiations monochromatiques de la lumière peuvent être absorbés par les molécules de la matière. En effet, les molécules sont caractérisées par des états d'énergie quantifiés, correspondant aux valeurs en énergie accessibles aux électrons. Si l'énergie des photons correspond à l'écart en énergie de deux niveaux quantifiés, celui-ci est absorbé et la radiation monochromatique associée est alors absente du spectre de lumière diffusée par la matière. Cette dernière est ainsi perçue colorée. Les recherches menées en mécanique quantique selon une approche orbitale (cf. Kuhn et Hückel) ont montré que, plus une molécule contient de doubles liaisons conjuguées, plus les niveaux d'énergie associés sont resserrés et leurs écarts correspondent alors au domaine d'énergie des photons de la lumière visible. Dans une visée d'enseignement de ce lien couleur-structure au lycée, ces approches complémentaires peuvent être introduites qualitativement par les enseignants et mettre ainsi à profit toute la richesse de cet objet d'étude (jus de chou rouge).

QUESTIONS DE RECHERCHE ET MÉTHODOLOGIE

Dans le cadre de cette contribution, nous cherchons à répondre aux questions suivantes :

- Quel itinéraire cognitif est prévu par les enseignants observés pour appréhender la relation couleur-structure dans le cas d'un indicateur coloré acido-basique ?
- En quoi les propos des enseignants pendant la séance permettent-ils une compréhension scientifiquement valide et facilitent-ils les liens entre les registres (empirique et modèles) ?

Les données recueillies résultent des observations de trois enseignants dans leur classe, notés par la suite **(M)** ; **(N)** et **(S)**, réalisées pendant les années scolaires 2017-2019 dans trois lycées de l'académie de Créteil. Pour **(M)**, la classe est dédoublée, donc deux séances (**(M)1** et **(M)2**) ont été observées. À l'aide d'une caméra placée en fond de salle, les interventions des trois enseignants ont été enregistrées avec un micro-cravate pour permettre une étude approfondie et compléter les notes prises lors de l'observation in situ.

Le recensement des tâches dans les énoncés de travaux pratiques (TP) a été réalisé pour reconstituer l'itinéraire cognitif proposé aux élèves par les enseignants et ainsi répondre à la première question. Il s'agit là de l'analyse à priori. Les connaissances des élèves susceptibles d'être mobilisées ont été confrontées aux différents éléments de l'explication du phénomène, énoncés dans la partie consacrée au cadre d'analyse didactique.

Après cette analyse à priori, la réalisation d'un synopsis décrivant le déroulement de la séance, puis la transcription des propos tenus au cours de celle-ci, ont permis de répondre à la deuxième question. Les discours des enseignants ont pu être caractérisés en fonction de leur appartenance au registre empirique ou à celui des modèles.

RÉSULTATS

ANALYSE À PRIORI

Les énoncés proposés aux élèves présentent une structure similaire : entre deux et quatre objectifs sont listés sous l'intitulé du TP, reprenant plus ou moins mot pour mot le programme. Parmi ceux-ci, l'objectif qui vise à faire acquérir des notions sur le lien couleur-structure est le suivant : « Repérer expérimentalement des paramètres influençant la couleur d'une substance (pH, solvant, etc.). » (MEN, 2010).

Ensuite, chaque énoncé se poursuit par une brève contextualisation, issue du même ouvrage pour **N** et **S** (Capon, Courilleau & Valette, 1993). L'enseignant **M** poursuit avec des éléments de cours (introduction de la formule topologique et du cas particulier des doubles liaisons conjuguées), tandis que **N** et **S** proposent de répondre à une problématique déjà énoncée : « Pourquoi l'eau de cuisson du chou rouge change-t-elle de couleur au contact de l'eau du robinet, du vinaigre, du citron, du vin blanc, ou d'un détergent ? » pour **N** et « Quel facteur semble responsable du changement de couleur des colorants présents dans le chou rouge ? » pour **S**. L'objectif visé par les enseignants semble plus ambitieux que celui du programme lui-même, car la problématique notée dans l'énoncé de TP de **N** commence par « pourquoi » et une partie notable est consacrée à l'interprétation dans l'énoncé de **S**, ce qui va plus loin qu'un repérage expérimental. On peut également remarquer que la problématique de **N** n'induit aucune ambiguïté, ce qui n'est pas tout à fait le cas pour **S**. Les colorants présents dans le chou rouge ne changent pas de couleur ; seule leur proportion varie selon le pH du jus de cuisson.

L'enseignant **M** ne formule pas de problématique. Cependant, dans la partie cours, la question suivante est posée : « Combien de liaisons doubles conjuguées la formule topologique ci-dessus [anthocyane] contient-elle ? Que peut-on dire de la solution de chou rouge contenant des anthocyanes ? ». Manifestement, ces questions dépassent l'objectif du programme précédemment cité.

Pour les aspects expérimentaux qui occupent le reste des énoncés de TP, les consignes sont très directives, avec des protocoles expérimentaux bien décrits, laissant vraisemblablement peu de place à la mise en fonctionnement de connaissances chez les élèves. **M** et **N** traitent l'extraction de la substance colorée à partir des feuilles de chou et **N** et **S** font travailler sur la dilution, avant d'étudier l'influence du pH sur la couleur du jus de cuisson. Les éléments explicatifs nécessaires à l'interprétation du phénomène, évoqués précédemment, ne mentionnent pas la dilution : le choix de cette technique au cours du TP est donc curieux, si ce n'est pour **S** qui en fait un objectif à part entière, listé au début de l'énoncé. Cependant, la rédaction du protocole expérimental demandée par **S** est difficile, voire impossible à un élève de 1e S, car l'énoncé contient des ambiguïtés de notation et suppose connue la définition du pH en tant que logarithme de la concentration en ions oxonium, ce qui n'est pas le cas au niveau considéré. Ce choix paraît donc d'autant plus discutable si l'enseignant cherche avant tout à étudier la relation couleur-structure.

La principale différence entre les trois énoncés porte sur la présentation de la structure des molécules d'anthocyanes : on ne trouve aucune représentation de molécule chez **N**, alors que l'énoncé de **M** en présente une et celui de **S** en compte trois. Il s'agit de formules topologiques à chaque fois. Seul **S** propose explicitement une tâche pour l'interprétation du changement

de couleur à partir des trois espèces différentes, nécessitant donc une mise en fonctionnement des modèles. Les itinéraires cognitifs de \textcircled{M} et \textcircled{N} révèlent donc des insuffisances pour l'interprétation de la couleur du jus de cuisson du chou rouge.

DÉROULEMENT GLOBAL DES SÉANCES

Le déroulement effectif des quatre séances souligne une organisation du travail comparable entre les trois enseignants. L'introduction de la séance se fait de manière dialoguée entre l'enseignant et les élèves, puis les manipulations expérimentales sont réalisées en binôme, une fois que l'enseignant a énuméré ses recommandations pratiques. Pour \textcircled{M} , qui est le seul à avoir prévu une partie cours dans la séance, les élèves sont invités à travailler en autonomie, avant que la correction ne soit réalisée par l'enseignant, sur des propositions de réponse d'élèves. De plus, nous pouvons noter que les énoncés ont été scrupuleusement suivis. En revanche, les durées de chaque épisode, relevées dans le tableau 1, ont révélé des disparités entre chaque enseignant.

Épisodes		$\textcircled{M1}$ 06/10/2017	$\textcircled{M2}$ 06/10/2017	\textcircled{S} 08/11/2018	\textcircled{N} 13/11/2018
Introduction de la séance (objectifs, contexte, problématique)		00:05:10	00:03:12	00:06:20	00:03:30
Cours et questions de cours (formule topologique, conjugaison des liaisons)		00:41:55	00:43:53	non prévu	non prévu
Réaliser l'extraction des espèces colorées		non réalisé	non réalisé	non prévu	00:12:30
Répondre à des questions sur l'extraction		non prévu	non prévu	non prévu	00:06:00
Rédiger le protocole de dilution (rappels enseignants, choix verrerie)		non prévu	non prévu	00:24:00	00:26:00
Réaliser la dilution (et la filtration pour \textcircled{N})		non prévu	non prévu	00:10:00	00:12:00
Réaliser le protocole expérimental de réponse à la problématique		00:51:10	00:52:59	00:22:00	00:25:00
Réponse aux questions Institutionnalisation		00:03:47	00:01:28	00:34:10	00:04:20
TOTAL	Durée effective de cette séance	01:44:47	01:41:45	01:36:30	01:29:20
	Durée habituelle des séances	1h45	1h45	2h	1h30

Tableau 1 : Comparaison des déroulements des quatre séances observées

Le temps d'introduction varie du simple au double : pour \textcircled{S} , les élèves ont dû eux-mêmes formuler la problématique et l'hypothèse à tester, avant de recevoir l'énoncé du TP, ce qui n'a pas été le cas avec les deux autres enseignants. Ensuite, le déroulé confirme les différences évoquées dans l'analyse à priori (notions de cours pour \textcircled{M} , mais aussi extraction et dilution). Contrairement à ce que laissait supposer l'énoncé, l'extraction n'a pas été réalisée chez \textcircled{M} . Aucune différence notable n'est à souligner pour le temps consacré à la dilution chez \textcircled{N} et \textcircled{S} , contrairement à la réalisation du protocole pour répondre à la problématique qui varie là aussi du simple au double entre \textcircled{M} d'une part, et \textcircled{N} et \textcircled{S} d'autre part.

PROPOS DES ENSEIGNANTS SUR LA RELATION COULEUR-STRUCTURE

L'absence de structures d'anthocyanes chez \textcircled{N} va de pair avec l'absence de référence aux modèles : l'enseignant reste à un niveau descriptif, ce qui ne répond pas au « pourquoi » de la problématique formulée par ses soins. L'interprétation de la couleur du jus de chou rouge est aussi très incomplète chez l'enseignant \textcircled{M} , car une erreur sur la structure de la molécule pro-

posée, non corrigée au cours de la séance, ne permet pas de justifier la couleur : en effet, les doubles liaisons dans la dite-structure ne sont pas toutes conjuguées, ce qui fait qu'aucune des approches évoquées ne peut être présentée (empirique de Witt ou physico-chimique basée sur l'absorption de photons). Dans ces deux cas, l'interprétation du changement de couleur selon le pH n'était pas possible et n'a pas été réalisée non plus.

Chez l'enseignant (S), la référence à trois représentations moléculaires différentes rendait possible l'interprétation des changements de couleur du jus étudié. Le temps consacré à la fin du TP pour celle-ci (34:10) est d'ailleurs important par rapport aux trois autres séances (quelques minutes seulement) : c'est à ce moment-là que l'enseignant fait le lien entre les couleurs observées (RP), les espèces en présence (RI) et les différences de structure des entités chimiques en fonction du pH (modèles). Cependant, les propos tenus devant les élèves ont dévoilé de nombreuses maladresses de langage scientifique (également révélées dans la version « prof » de l'énoncé de TP de (M)), rendant l'interprétation incorrecte et donc hors d'atteinte pour les élèves, comme en témoigne un dialogue avec une élève (S [1h17:55]). (S) déclare que ce sont « trois formes de la molécule [qui sont] responsable de la coloration au sein du chou rouge », en insistant plusieurs fois sur les « trois formes ». La difficulté provient de la formulation « trois formes de la molécule » ce qui sous-entend (à tort) qu'une molécule peut avoir des formules différentes. Ce type d'affirmation ne reconnaît pas l'existence de trois espèces bien distinctes dans la solution (correspondant à trois molécules), dont les proportions à l'équilibre sont variables selon la valeur du pH (Kermen, 2016, p. 35).

Les deux enseignants qui abordent l'interprétation submicroscopique de la couleur à partir de la structure des anthocyanes (M et S) tiennent des propos du type : « quand on a plus de sept doubles liaisons conjuguées, on obtient généralement une solution colorée » (M1 [46:30]). Cette affirmation, qui relie la RP au modèle, n'est cependant correcte que pour certains types de molécules (les hydrocarbures polyéniques par exemple, mais pas les cyanines). L'absence de référence à l'absorption de photons par les molécules de la matière, au profit d'un critère de dénombrement de doubles liaisons conjuguées qui dilue d'ailleurs les propos de Witt, appauvrit considérablement les potentialités didactiques du jus de chou rouge sur la question du lien couleur-structure.

CONCLUSION

Cette étude didactique complète les autres consacrées aux pratiques ordinaires pour des contenus de physique-chimie au lycée (par exemple, Tiberghien, 2012 et Venturini, Calmettes, Amade-Escot & Terrisse, 2007). Dans cette contribution centrée sur les pratiques des enseignants, l'analyse du scénario et du déroulement révèle la difficulté de transmettre les dimensions macroscopique et submicroscopique d'un phénomène physico-chimique tel que la couleur d'un indicateur acido-basique, tout en faisant le lien entre les observations expérimentales et la modélisation de l'indicateur.

L'étude des séances de ces trois enseignants ne prétend pas recenser tous les choix possibles pour la mise en place d'un TP sur la relation couleur-structure dans le cas d'un indicateur acido-basique, mais permet de faire ressortir un certain nombre de dysfonctionnements potentiels et d'en inférer quelques origines. Par exemple, il semble que des clarifications scientifiques voire historiques et épistémologiques soient nécessaires chez les enseignants, mais aussi dans les documents mis à leur disposition comme les manuels. En effet, les enseignants peuvent ne

pas être conscients des approximations voire erreurs commises dans ces derniers, potentiellement à cause d'une transposition didactique incomplète (voir à ce propos les travaux d'Anna Bergqvist et ses collègues sur la liaison chimique, 2013 ; 2016 ; 2017).

La recherche des logiques d'action sous-jacentes aux pratiques de ces enseignants, avec notamment l'analyse des autres séances de la séquence consacrée à la relation couleur-structure et la mise en évidence des déterminants des choix effectués par les enseignants, permettrait d'enrichir cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

- Barham, P., Skibsted, L. H., Bredie, W. L. P., Frøst, M., Møller, P., Risbo, J., ... & Mørch Mortensen, L. (2010). Molecular Gastronomy : A New Emerging Scientific Discipline. *Chemical Reviews*, *110*(4), 2313-2365. <https://doi.org/10.1021/cr900105w>
- Bergqvist, A., Drechsler, M., De Jong, O. & Rundgren, S.-N. C. (2013). Representations of chemical bonding models in school textbooks – help or hindrance for understanding? *Chemistry Education Research and Practice*, *14*(4), 589-606. <https://doi.org/10.1039/C3RP20159G>
- Bergqvist, A., Drechsler, M. & Rundgren, S.-N. C. (2016). Upper Secondary Teachers' Knowledge for Teaching Chemical Bonding Models. *International Journal of Science Education*, *38*(2), 298-318. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1125034>
- Bergqvist, A. & Rundgren, S.-N. C. (2017). The influence of textbooks on teachers' knowledge of chemical bonding representations relative to students' difficulties understanding. *Research in Science & Technological Education*, *35*(2), 215-237. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1295934>
- Capon, M., Courilleau, V. & Valette, C. (1993). *Chimie des couleurs et des odeurs. (S.I.) : Cultures et Techniques.*
- Cayot, P. (2011). *Pigments et colorants, naturels et artificiels. In M. Jacquot, P. Fagot & A. Voilley, La couleur des aliments : De la théorie à la pratique (Tech & Doc).* Paris : Lavoisier. (Google-Books-ID: SboNezSm8AEC).
- Griffiths, J. (1984). The Historical Development of Modern Colour and Constitution Theory. *Review of Progress in Coloration and Related Topics*, *14*(1), 21-32. <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.1984.tb00041.x>
- Kermen, I. (2016). Usage et apprentissage des mots en chimie - Difficultés, ambiguïtés, obstacles. *L'Actualité Chimique*, (407), 34-36.
- Kermen, I. (2018a). *Cadre d'analyse du savoir en chimie - Mise à l'épreuve sur l'analyse de séances de classe.* Communication présentée au 10e rencontres scientifiques de l'ARDiST, Saint-Malo.
- Kermen, I. (2018b). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée—Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes.* Rennes : Presses Universitaires de Rennes. Repéré à <http://www.pur-editions.fr/detail.php?idOuv=4650>
- Ministère de l'Éducation nationale. (2010). *Programme d'enseignement spécifique de physique-chimie en classe de première de la série scientifique (rentrée 2011). Bulletin officiel spécial n°9 du 30/09/2010.* Repéré à <https://www.education.gouv.fr/cid53327/mene1019556a.html>

- Molvinger, K., Chesnais, A. & Munier, V. (2017). L'enseignement de la masse à l'école élémentaire : Pratiques d'une enseignante débutante en éducation prioritaire. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 15, 133-167. <https://doi.org/10.4000/rdst.1501>
- Prévost, V. & Richoux, B. (2011). *Physique-Chimie 1re S (1e éd.)*. (S.I.) : Nathan. Re-péré à <https://www.cns-edu.com/ressources/R9782091144535.aspx>
- Robert, A. & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 505-528. <https://doi.org/10.1080/14926150209556538>
- Tiberghien, A. (2012). Analyse d'une séance de physique en seconde : Quelle continuité dans les pratiques ? *Éducation et didactique*, 6(3), 97-123. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.1510>
- Venturini, P., Calmettes, B., Amade-Escot, C. & Terrisse, A. (2007). Analyse didactique des pratiques d'enseignement de la physique d'une professeure expérimentée. *Aster*, 45, 211-234. <https://doi.org/10.4267/2042/16824>
- Witt, O. N. (1876). Zur Kenntniss des Baues und der Bildung färbender Kohlenstoffverbindungen. *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 9(1), 522-527. <https://doi.org/10.1002/cber.187600901164>
- Witt, O. N. (1888). Ueber Derivate des α -Naphtols. *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 21(1), 321-325. <https://doi.org/10.1002/cber.18880210157>

ENSEIGNER LA PHYSIQUE-CHIMIE EN ANGLAIS UNE INGÉNIERIE COOPÉRATIVE EN LYCÉE

Carole Le Henaff¹, Alain Jameau¹

1 : CREAD

Résumé : Nous présentons, suite à des constats sur l'enseignement de la physique-chimie en anglais en classe européenne (dispositif CLIL), la mise en place d'une ingénierie coopérative en lycée. Ces constats sont issus de diverses études, qui semblent montrer une difficulté à travailler à la fois les savoirs scientifiques et les savoirs linguistiques. L'ingénierie que nous présentons rassemble une pluralité d'acteurs (chercheurs, professeurs, formateurs, inspecteurs...) et repose sur le principe essentiel du fonctionnement de 3 binômes de professeurs, d'anglais et de physique-chimie. Nous exposerons lors du colloque les premiers résultats des effets de cette coopération interdisciplinaire, sur les pratiques d'enseignement des savoirs en classe et sur les conceptions de ces savoirs chez les différents membres du groupe.

Mots-clés : ingénierie coopérative, didactique de la physique-chimie, didactique de l'anglais, CLIL (Content Integrated Language Learning).

TEACHING PHYSICS AND CHEMISTRY IN ENGLISH AS A FOREIGN LANGUAGE A COOPERATIVE ENGINEERING AT HIGH SCHOOL

Abstract: We present, following observations on the teaching of physics and chemistry in English in European classes (CLIL system), the implementation of cooperative engineering in high schools. This engineering brings together a plurality of actors (researchers, professors, trainers, inspectors, etc.) and is based on the essential principle of the functioning of 3 pairs of professors, English and physics-chemistry. During the symposium, we will present the first results of the effects of this interdisciplinary cooperation on knowledge practices in the classroom.

Keywords: cooperative engineering, didactics of physics and chemistry, didactics of English, CLIL (Content Integrated Language Learning).

Ce texte est dédié à la mémoire d'Alain Jameau. Il était maître de conférences en didactique de la physique depuis 2015, au CREAD (Centre de Recherches sur l'Éducation, les Apprentissages et la Didactique), à Rennes. Il nous a quittés en 2020, avant de pouvoir effectuer la soutenance de sa note de synthèse en vue d'une habilitation à diriger des recherches. Sa note était intitulée : « Un cadre didactique d'analyse de l'activité d'enseignement de la physique / Mise en relation d'éléments théoriques et méthodologiques en didactique de la physique et en didactique professionnelle ». Certains éléments de sa note mentionnaient le travail décrit dans ce texte. Le collectif d'étude dont il est ici question lui tenait beaucoup à cœur.

INTRODUCTION

Ce texte vise à présenter les premiers contours et résultats d'un projet de recherche né en 2019, le Lieu d'Éducation Associé « Physique-Anglais-Chimie » (PhAnCh¹) qui est une ingénierie coopérative. Cette ingénierie est centrée sur l'enseignement de la physique-chimie en anglais, dans un dispositif de type discipline non linguistique (DNL), ou encore « classe européenne » (Ministère de l'Éducation Nationale, 1992), également appelé de plus en plus CLIL (Content and Language Integrated Learning). Elle est née de plusieurs constats, décrits dans une étude (Jameau et Le Hénaff, 2018b), quant aux savoirs effectivement travaillés dans ce type de dispositif. Nous établissons dans cette soumission une très brève revue de la littérature sur les enjeux de ces dispositifs, que nous articulons avec les tout premiers résultats de notre étude. Nous mettons ensuite cela en perspective avec les enjeux d'une ingénierie coopérative sur ce sujet.

LES ENJEUX DES DISPOSITIFS CLIL

Les recherches sur l'enseignement CLIL, sont nombreuses (entre autres, Gajo, 2001 ; Tardieu & Dolitsky, 2012 ; Mehisto, 2008 ; Roussel, Joulia, Tricot & Sweller, 2017 ; Maître, 2017), mais ne portent que très rarement sur des analyses didactiques (Jameau & Le Hénaff, 2018a). La plupart des résultats de ces études montrent que l'enseignement d'un savoir « disciplinaire », associé à l'enseignement d'un savoir linguistique, est un dispositif qui manquerait d'efficacité, car il porte simultanément sur deux types de savoirs. Par exemple, pour Mehisto (2008), une difficulté ressentie par de nombreux professeurs est de se focaliser à la fois sur la langue et sur le contenu de la discipline enseignée. En outre, ce type d'enseignement provoquerait une surcharge cognitive (Piesche, Jonkmann, Fiege & Kessler, 2016) et nécessiterait une aide à la compréhension en langue (Roussel, Joulia, Tricot & Sweller, 2017) sous forme d'étaillage, par exemple. Cette nécessité d'articulation entre ces différents types de savoirs est décrite dans les recherches menées par Maître (2017). Il constate que la mise en arrière-plan des savoirs disciplinaires par rapport aux savoirs langagiers est récurrente.

Toutefois, d'autres recherches (par exemple : Moore, 2006), en s'appuyant sur des observations d'écoles bilingues, ont montré que l'apprentissage des langues semble plus efficace au travers d'activités disciplinaires, qui donnent à ces langues un véritable statut communicatif. En conduisant une analyse didactique, Jameau et Le Hénaff (2018b ; 2019) ont montré que les connaissances des élèves peuvent progresser dans les deux domaines, en langues et en sciences, mais pas nécessairement en même temps. Se pose également la question du rôle des « jargons » spécifiques à la discipline scientifique, dans l'apprentissage du langage (Sensevy, 2011 ; Collectif Didactique Pour Enseigner, 2019 ; Sensevy, Gruson & Le Hénaff, 2019) : occupent-ils une place particulière d'étude de la langue dans les dispositifs CLIL ?

Enfin, une étude conduite par Tardieu et Dolitsky (2012) a montré qu'un des défis de ces dispositifs était de former les professeurs de langue et les professeurs des contenus « disciplinaires » à travailler ensemble, pour donner davantage de cohérence à ce type d'enseignement.

LES INGENIERIES COOPERATIVES

Ainsi, depuis septembre 2019, nous travaillons à la mise en place une ingénierie coopérative (Sensevy, 2013 ; Joffredo-Lebrun, 2016) sur l'enseignement de la physique-chimie en anglais

1 La page web du LéA est disponible à : <http://ife.ens-lyon.fr/lea/le-reseau/les-differents-lea/lycee-dile-et-vilaine-en-reseau-phanch>

en lycée. Nous travaillons d'après plusieurs principes, qui ont été décrits par ces auteurs, ainsi que par Gruson (2019). Le premier principe est celui de quasi-symétrie : tous les membres du groupe, malgré leurs différentes compétences, travaillent ensemble à la conception d'activités. Le second principe est le partage des fins communes, comme les savoirs en jeu dans la séquence. Le troisième principe est l'assomption des différences : l'expérience des professeurs du groupe est reconnue en tant qu'expertise particulière pouvant nourrir le travail de conception, tandis que, par exemple, une des doctorantes mène une recherche spécifique sur la DNL. Le dernier principe est une posture d'ingénieur que tous les participants adoptent tout au long du travail collectif. Les ingénieries coopératives s'inscrivent dans la perspective ouverte par les Lesson Studies (Miyakawa & Winslow, 2009), que l'on peut définir brièvement comme des préparations et des analyses collectives de séances, ayant été co-construites par des professeurs et des chercheurs.

LE LÉA PHYSIQUE-ANGLAIS-CHIMIE (PHANCH)

Comme le détaille le site de l'Institut Français de l'Éducation, les LéA sont des lieux à enjeux d'éducation, rassemblant un questionnement des acteurs, l'implication d'une équipe de recherche, le soutien du pilotage de l'établissement et la construction conjointe d'un projet dans la durée. Il s'agit de considérer l'éducation comme un fait social total et de fonder des recherches en éducation sur l'action conjointe entre chercheurs et acteurs du terrain. L'équipe du projet est donc composée de professeurs de lycée, d'enseignants-chercheurs, de formateurs, de doctorants et d'IA-IPR en charge du dossier CLIL. Les objectifs de recherche sont de trois ordres. Tout d'abord, nous étudions comment l'enseignement d'une discipline en anglais peut permettre aux élèves des apprentissages dans les deux domaines de savoir (sciences et anglais). Nous examinons aussi l'acquisition d'expérience des professeurs de disciplines différentes lorsqu'ils co-conçoivent des séquences, ainsi que de l'ensemble des acteurs associés à la conception. Enfin, les ingénieries coopératives seront analysées en tant que modalité de travail coopératif entre enseignants et chercheurs. Deux chercheuses du projet, spécialistes des ingénieries coopératives, travaillent spécifiquement à une dimension analytique du fonctionnement du LéA. Nous examinons également comment s'articulent, chez les participants du LéA, les connaissances théoriques avec des connaissances pratiques et opératoires lors de la co-construction d'une séquence dans le domaine CLIL.

Nos questions de recherche sont donc les suivantes : est-ce que l'étude d'éléments de langage spécialisés, comme les jargons, constitue un moment déterminant de l'apprentissage CLIL et de l'articulation entre les savoirs scientifiques et langagiers ? Comment peut-on penser un problème de physique-chimie dans une langue étrangère ? En quoi la co-conception de séances, par des professeurs de différentes disciplines, peut-elle nourrir la réflexion sur les savoirs en jeu ?

MÉTHODOLOGIE ENVISAGÉE ET PREMIERS RÉSULTATS

Au moment où nous écrivons ce texte, trois premières réunions seulement ont eu lieu, mais plusieurs éléments semblent déjà ressortir de ce travail collectif. Nous avons adopté les principes méthodologiques suivants : les réunions du LéA, les séances mises en œuvre et les diverses réunions (avec l'ensemble des acteurs du groupe) sont filmées et transcrites. Nous sélectionnerons, parmi les données transcrites lors des séances, des épisodes de classe qui permettront de travailler la question de l'articulation entre des éléments de langage particuliers et des savoirs scientifiques précis qui auront été discutés préalablement en réunion. En tout, huit séances seront filmées de janvier à mars 2020, puis transcrites pour être discutées en réunion.

Nous porterons spécifiquement notre attention sur les moments de classe où la discussion aura porté sur des éléments de « jargon ». Ces éléments auront été discutés lors des réunions de co-conception.

Les professeurs, ainsi que les chercheurs, rempliront un journal de bord dans lequel seront renseignés les différentes étapes de leur réflexion suite aux réunions et aux séances menées. De plus, des entretiens avec les professeurs, mais également avec les chercheurs, permettront d'éclairer deux niveaux d'analyse différents. Le premier portera sur les actions didactiques en classe, que nous analyserons à l'aide d'outils théoriques spécifiques aux chercheurs travaillant dans le groupe. Il s'agira, par exemple, du triplet des genèses en Théorie de l'Action Conjointe en Didactique, des « jargons » dans l'apprentissage (Sensevy, 2011 ; Collectif Didactique Pour Enseigner, 2019 ; Sensevy, Gruson & Le Hénaff, 2019), ou de notions relatives à la didactique professionnelle pour l'analyse de situations en physique-chimie (par exemple, Jameau, 2015).

Les premières réunions ont fait émerger un questionnement commun sur le « problème » suivant : qu'est-ce qu'une onde en physique-chimie ? Comment la définir ? Et à quels éléments de langage en anglais est-elle principalement associée ? Par exemple, une des professeures du LéA la définit en français comme une « perturbation locale d'une grandeur physique », tandis qu'un des doctorants fait la comparaison entre la compréhension de « onde » en français avec « wave » en anglais (qui implique un mouvement de déplacement physique de l'eau, par exemple). Une des IA-IPR, ainsi qu'une enseignante-chercheuse, cherchent à déterminer le rôle du mot « voir » (qui a de nombreuses traductions en anglais) dans la compréhension du concept de l'onde.

La discussion qui a porté sur le jargon autour de la vision, lors d'une réunion en décembre 2019, a abouti à une première étape de réflexion sur l'intégration d'un travail sur ce jargon dans la séquence et sur ce que cela apporte d'un point de vue langagier et conceptuel à la compréhension de ce que sont les ondes.

Nous voyons, à travers ces très brefs extraits de la vidéo d'une des réunions, la constitution collective d'un « problème » (Sensevy, 2011 ; Collectif Didactique Pour Enseigner, 2019) et les enjeux de savoirs qui vont potentiellement être étudiés par la suite. De plus, l'acquisition de l'expérience professionnelle, au sens d'un ensemble de schèmes construits par les enseignants (Jameau, 2015), sera particulièrement étudiée.

PERSPECTIVES ET CONCLUSION

Les éléments présentés ci-dessus seront donc largement plus approfondis lors de la présentation au colloque. En effet, les premières séances filmées seront mises en place début 2020 et l'analyse collective des effets sur les apprentissages conjoints en physique-chimie et en anglais sera étudiée dès lors. Nous disposerons, lors du colloque, de transcriptions de ces séances, sur lesquelles nous nous appuierons pour présenter des premiers éléments de réponses à nos questions de recherche.

Nous présenterons également, lors du colloque, des premiers éléments d'analyse collective de groupe, sur ces séances, car elles seront à nouveau mises en place dans une seconde classe en mai 2020, sur la base de qui semblera nécessaire à retravailler.

Les questions de recherche sur les jargons pour apprendre les langues et sur l'acquisition d'expérience par les professeurs, seront développées en parallèle de la progression du travail de réflexion sur la mise en œuvre des séances, dans le but décrit dans le programme scientifique des LéA de considérer l'éducation comme un fait social total où les chercheurs et les professeurs développent conjointement des savoirs.

BIBLIOGRAPHIE

- Collectif Didactique Pour Enseigner (2019). *Didactique Pour Enseigner*. Rennes : PUR.
- Gajo, L. (2001). *Immersion, bilinguisme et interaction en classe*. Paris : Didier.
- Gruson, B. (2019). *L'action conjointe en didactique des langues : élaboration conceptuelle et méthodologique*. Rennes : PUR.
- Jameau, A. (2015). Une étude des connaissances professionnelles des enseignants du point de vue de la didactique des sciences et de la didactique professionnelle. *Éducation et Didactique*, 9(1), 9-31.
- Jameau, A. & Le Hénaff, C. (2018a, mars). *Enseigner les sciences en anglais. Quelles articulations entre les savoirs scientifiques et langagiers ?* Communication présentée aux 10èmes rencontres scientifiques de l'ARDIST, Saint Malo, France.
- Jameau, A. & Le Hénaff, C. (2018b). CLIL Teaching in Science : A Didactic Analysis of A Case Study. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 12(2), 21-40.
- Jameau, A. & Le Hénaff, C. (2019, août). *Learning Physics and Chemistry in a Foreign Language : the Example of the Rutherford Model at High School*. Communication présentée au colloque international ESERA, Bologne, Italie.
- Joffredo-Le Brun, S. (2016). *Continuité de l'expérience des élèves et systèmes de représentation en mathématiques au cours préparatoire. Une étude de cas au sein d'une ingénierie coopérative*. Thèse de doctorat. Université de Bretagne Occidentale, Rennes, France.
- Le Hénaff, C. (2019). Apprendre les sciences en anglais dans un dispositif CLIL : apprendre un jargon dans un jeu social. In C. Goujon (Ed.), *Actes du congrès La TACD en questions, questions à la didactique*. (pp. 68-75). Rennes : CREAD.
- Maitre, J.-P. (2017). L'intégration d'une langue seconde dans l'enseignement des sciences physiques : quels termes pour quels savoirs en tronc commun et discipline non linguistique ? *Éducation et Didactique*, 1, 81-104.
- Mehisto, P. (2008). CLIL Counterweights: Recognising and Decreasing Disjuncture in CLIL. *International CLIL Research Journal*, 1(1), 93-119.
- Ministère de l'Éducation Nationale (1992). *Mise en place de sections européennes dans les établissements du second degré* (Bulletin Officiel n°33 du 3 septembre 1992). Repéré à <https://cache.media.education.gouv.fr/file/20/5/4205.pdf>
- Miyakawa, T. & Winslow, C. (2009). Un dispositif japonais pour le travail en équipe d'enseignants : étude collective d'une leçon. *Éducation et Didactique*, 3(1), 77-90.
- Moore, D. (2006). *Plurilinguismes et école*. Paris, France : Didier.
- Piesche, N., Jonkmann, K., Fiege, C. & Kessler, J.-U. (2016). CLIL for all? A Randomised Controlled Field Experiment with Sixth-Grade Students on the Effects of Content and Language Integrated Science Learning. *Learning and Instruction*, 44, 108-116.
- Roussel, S., Joulia, D., Tricot, A. & Sweller, J. (2017). Learning subject content

- through a foreign language should not ignore human cognitive architecture: A cognitive load theory approach. *Learning and Instruction*, 52, 69-79.
- Sensevy, G. (2011). *Le Sens du Savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Sensevy, G. Gruson, B. & Le Hénaff, C. (2019). Épistémologie et Didactique. Quelques réflexions sur le langage et les langues. In C. Chaplier & A.-M. Connell (Eds.), *Épistémologie à usage didactique dans le secteur LANSAD*. Paris : L'Harmattan.
- Tardieu, C. & Dolitsky, M. (2012). Integrating the task-based approach to CLIL teaching. *Teaching and Learning English through Bilingual Education*, Cambridge Scholars Publishing, 3-35.

ETUDE DE L'IMPACT D'UN PARCOURS DE FORMATION SUR LES APPRENTISSAGES DES ÉLÈVES ET LES CONNAISSANCES ET PRATIQUES D'ENSEIGNANTS DU 1ER DEGRÉ EN SCIENCES RÉFLEXIONS SUR LES MODÈLES DE FORMATION

Valérie Munier¹, Manuel Bächtold¹, David Cross¹, Céline Lepareur¹, Karine Molvinger¹

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation (LIRDEF)
Université de Montpellier, Université Paul Valéry - Montpellier III

Résumé : Dans cette communication, nous présentons tout d'abord les résultats d'une étude croisée associant didacticiens des sciences, psychologues et économistes de l'éducation, menée dans le cadre du projet ANR FORMSCIENCES. Ce projet vise à étudier l'impact d'un parcours de formation adressé à des enseignants du 1er degré en poste, sur leurs pratiques et sur les apprentissages des élèves et leur goût pour les sciences. Nous présentons succinctement le protocole de recherche, associant analyses qualitatives et quantitatives, les outils théoriques et méthodologiques développés pour caractériser les formations et interpréter les liens entre formation, connaissances et pratiques des enseignants et les résultats de ces analyses. Ces analyses nous permettent d'une part, de proposer des éléments d'explication des effets limités du parcours de formation étudié, d'autre part, de questionner les hypothèses qui sous-tendent ce parcours et plus généralement, de dégager des pistes de réflexion sur les modèles de formation des enseignants en sciences.

Mots-clés : formation, pratiques, connaissances, vision des sciences, école élémentaire

IMPACT OF A TEACHER TRAINING PROGRAM ON STUDENTS' LEARNING AND ON ELEMENTARY SCHOOL TEACHERS' KNOWLEDGE AND PRACTICES IN SCIENCE SOME CONSIDERATIONS ON TRAINING MODELS

Abstract : In this communication we first present the results of a cross-study (project ANR FORMSCIENCES) involving science education researchers, psychologists and economists of education. This project aims at studying the impact of a teacher training program on elementary school teachers' practices and on students' learning and motivation for science. We briefly present the research protocol, combining qualitative and quantitative analysis, the theoretical and methodological tools developed to characterize the training program and to interpret the links between training, teachers' knowledge and practices. We then present the results of these analysis. They enable us to explain the limited effects of the studied training program, and to question the hypotheses underlying this program. More generally we discuss the models of science teacher training.

Keywords : Formation, Teaching Practices, Knowledge, View of Science, Elementary School

INTRODUCTION

Nous présentons, dans un premier temps, les résultats principaux du projet ANR FORMSCIENCES¹. Il s'agit d'un projet de recherche interdisciplinaire, associant des chercheurs en didactique des sciences (les auteurs de cet article), psychologie des apprentissages² et économie de l'éducation³, visant à évaluer l'impact d'un parcours de formation à un enseignement des sciences fondé sur l'investigation sur les pratiques des enseignants et, in fine, sur les apprentissages des élèves et leur goût pour les sciences. Ce parcours, destiné à des enseignants du 1er degré en poste, a été élaboré et piloté par la Fondation La Main à la pâte dans le cadre de ses Maisons pour la science, indépendamment des chercheurs impliqués dans la recherche. Au-delà de l'étude de l'impact de ce dispositif spécifique, il s'agit de mieux comprendre les mécanismes par lesquels une formation fait évoluer les pratiques des enseignants et, le cas échéant, comment cette évolution influe sur les apprentissages des élèves. Nous tentons de donner une vision globale du protocole de recherche et des analyses réalisées, en précisant rapidement nos ancrages théoriques et nos choix méthodologiques. Nous présentons ensuite les résultats principaux de l'étude dont certains ont été publiés à des étapes intermédiaires de la recherche. Il s'agit ici de les mettre en perspective et de présenter l'ensemble des résultats obtenus à l'issue du projet. Dans un second temps, nous discutons les résultats de cette étude et les hypothèses qui sous-tendent cette formation et, plus généralement, nous proposons des éléments de discussion sur les modèles de formation des enseignants.

PROTOCOLE DE L'ÉTUDE

Cette étude articule deux échelles en croisant une étude qualitative, reposant sur le suivi de huit enseignants et une étude quantitative, reposant sur la comparaison statistique, sur plusieurs années, de l'ensemble des classes des enseignants engagés dans le protocole de recherche, qu'ils bénéficient de la formation ou non. La temporalité des différents recueils est présentée en figure 1.

L'étude quantitative concerne trois Maisons pour la Science. 134 enseignants de CE2, CM1 et CM2, volontaires pour participer au projet, ont été répartis par tirage au sort en deux groupes : un groupe test qui a suivi la formation et un groupe témoin qui ne l'a pas suivie. Les deux groupes d'enseignants et leurs élèves (2500 environ, chaque année) ont été interrogés en début et en fin d'année pendant deux ans, par le biais de questionnaires développés dans le cadre du projet. Les élèves ont été testés sur tablettes par des enquêteurs du projet sur leur motivation pour la science, leur vision des sciences (VOS) et leurs compétences et connaissances en sciences. Les enseignants ont été interrogés sur leur formation initiale et leur carrière (Q0), leurs pratiques déclarées d'enseignement des sciences et leurs connaissances sur l'enseignement des sciences (Q1) et leur VOS (Q2). Nous expliciterons les raisons de ces choix plus loin.

L'étude qualitative a concerné deux maisons. Les formations y ont été filmées intégralement et quatre enseignants ont été suivis dans chaque maison. Des séquences de sciences ont été filmées dans les classes avant la formation, à plusieurs reprises en cours de formation et l'année suivant la fin de la formation. Le corpus pour cette étude qualitative comprend plus de 150h

1 Ce projet, porté par M. Gurgand, a été financé par l'Agence nationale de la Recherche dans le cadre de la convention ANR-13-APPR-0004-02.

2 H. Djeriouat et A. Tricot, CLEE, université de Toulouse

3 S. Bellue, A. Bouguen et M. Gurgand, Ecole d'économie de Paris

de vidéos. Des entretiens complémentaires ont également été menés avec trois enseignants à l'issue de la formation. Pour la cohorte 1, le protocole est schématisé ci-dessous (Fig. 1) ; il est en partie décalé pour la cohorte 2.

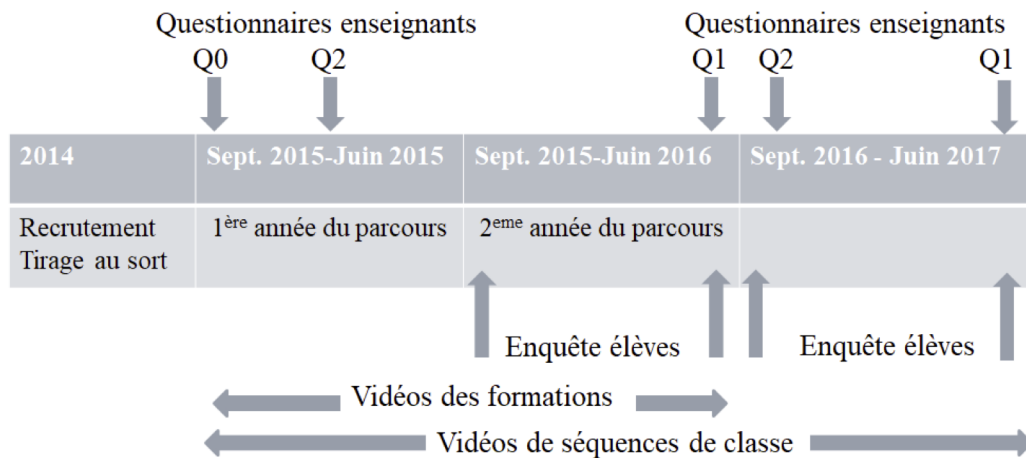


Figure 1. : protocole de recherche

Le parcours étudié comprend 80 heures de formation réparties sur deux ans. Il est composé de plusieurs modules thématiques d'une ou deux journées et d'un dernier module dédié à la démarche d'investigation (DI). À la suite de certains modules, les enseignants sont accompagnés pour mettre en œuvre dans leurs classes des séquences sur les thématiques travaillées (par exemple, les machines simples, le bois). L'organisation d'une des deux formations ayant fait l'objet d'une analyse qualitative, est présentée en annexe 1 à titre d'exemple.

CADRE THÉORIQUE

Nous sommes partis de l'hypothèse, largement partagée, que les pratiques enseignantes mettent en jeu des connaissances, notamment des connaissances didactiques, susceptibles d'avoir un effet sur les apprentissages disciplinaires des élèves (van Driel *et al.*, 1998). Nous nous sommes donc inscrits dans le cadre des Pedagogical Content Knowledge, appelées dans la suite PCK (Shulman, 1986). Pour caractériser ces PCK, nous avons utilisé le modèle de Magnusson (1999), complété avec les travaux de Friedrichsen *et al.* (2011). Cela nous a amenés à considérer les composantes de PCK suivantes, présentées dans la figure 2 : connaissances sur les difficultés des élèves, sur les stratégies d'enseignement, sur l'évaluation, sur le curriculum (en distinguant ce qui relève des programmes et du matériel), ces quatre composantes étant chepauteées par une composante « orientation pour l'enseignement des sciences », comprenant les conceptions sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences, sur la nature des sciences et sur les buts et finalités de l'enseignement des sciences.

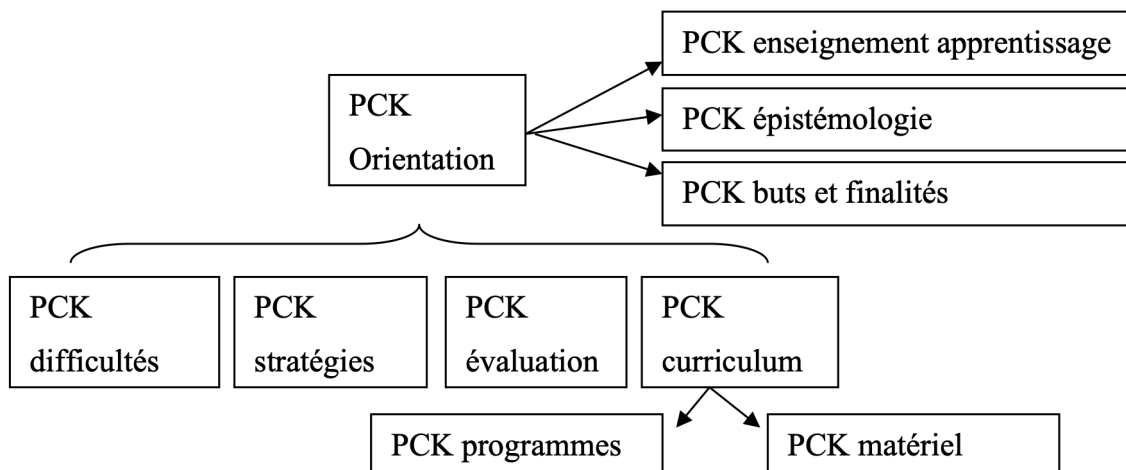


Figure 2. : catégorisation des PCK retenue pour l'analyse

RÉSULTATS

ETUDE QUANTITATIVE

La comparaison des groupes tests et témoins ne permet pas de mettre en évidence de différence significative entre les enseignants des deux groupes, ni sur les pratiques déclarées des enseignants (à l'exception du temps hebdomadaire d'enseignement des sciences qui augmente légèrement), ni sur leurs connaissances sur l'enseignement des sciences et leur VOS. Nous n'observons pas non plus d'effet sur les performances des élèves, qu'il s'agisse des connaissances, des compétences ou de leur VOS, ni sur leur goût pour les sciences. Les analyses quantitatives montrent donc des effets très limités, pour les élèves comme pour les enseignants. En revanche, les enseignants se déclarent très satisfaits de la formation.

ETUDE QUALITATIVE

Cette étude vise à décrire et analyser les formations pour tenter d'expliquer leurs effets éventuels sur les pratiques des enseignants et les apprentissages des élèves.

RÉSULTATS CONCERNANT LES PRATIQUES DES ENSEIGNANTS

Deux études des mises en œuvre de situations travaillées en formation par quatre enseignants ont été réalisées (l'étude détaillée d'une des deux est présentée dans Chesnais *et al.*, 2017). Dans cette étude, nous avons utilisé le cadre des PCK présenté ci-dessus, en croisant un point de vue interne et un point de vue externe, c'est-à-dire en étudiant les pratiques d'une part, en référence aux objectifs de la formation et, d'autre part, sur la base de critères issus des résultats de la recherche en didactique des sciences. Nous avons identifié des connaissances visées par la formation (par exemple, des PCK explicitées par les formateurs ou faisant l'objet de situations de formation proposées aux enseignants) et nous en avons cherché des traces dans les situations mises en œuvre par les enseignants en classe. Nous avons également analysé la mise en œuvre de ces situations par les enseignants dans leurs classes en termes de PCK, puis nous sommes remontés à la formation pour y chercher des éléments permettant d'expliquer nos observations. Enfin, nous avons choisi des éléments dont notre arrière-plan didactique nous permet de dire qu'ils sont déterminants dans les apprentissages des élèves et qui pourraient/

devraient faire partie de ce qui est visé et nous avons tenté de mettre en relation ce qui est fait dans les séquences et ce qui a été travaillé en formation sur ce point (par exemple, l'émission d'hypothèses).

Nos analyses montrent une grande variabilité de mise en œuvre, avec des adaptations des activités proposées en formation parfois non pertinentes en termes de potentiel d'apprentissage. Notons par ailleurs que, si les situations travaillées en formation sont effectivement mises en œuvre dans les classes lorsque les enseignants sont accompagnés, elles le sont très peu les années suivantes.

Nous avons également filmé, chaque fois que cela a été possible, des séquences portant sur le même thème, avant et après la formation. Les analyses de ces séances, notamment en ce qui concerne la mise en œuvre de démarches d'investigation (e.g. présence ou non des différentes étapes, articulation de ces étapes, discours sur la démarche) montrent peu d'évolution et/ou des évolutions non nécessairement pertinentes en termes d'apprentissages, par exemple une diminution du nombre de manipulations des élèves ou des problèmes de cohérence des séquences.

Les conditions de formation ne suffisent donc pas à garantir un effet « positif » uniforme et déterminant sur les pratiques des enseignants, les analyses réalisées montrant d'une façon générale des effets limités, confirmant ainsi les résultats de l'étude quantitative. Notons que les enseignants interviewés plus d'un an après la fin de la formation, considèrent eux-mêmes que le parcours n'a pas ou peu fait évoluer leurs pratiques.

VISION DES SCIENCES DES ENSEIGNANTS

Un volet de l'étude concerne plus spécifiquement le lien entre VOS et pratiques des enseignants, dans la mesure où il s'agit d'un élément mis en avant par La main à la pâte. Le questionnaire Q2, que nous avons élaboré et validé (Munier *et al.*, 2016, Bächtold *et al.* 2019), nous a permis de mettre en évidence une très faible évolution de la VOS des enseignants formés. Les analyses qualitatives des formations nous permettent de proposer plusieurs éléments d'explication : d'une part, les scientifiques qui interviennent dans les formations donnent parfois à voir leurs pratiques scientifiques et leur méthodologie, mais cela n'est pas systématique ; d'autre part, les questions épistémologiques sont très peu discutées explicitement et la manière de les aborder en classe est rarement abordée. Or, la littérature pointe la complexité du lien entre VOS et pratiques et la nécessité d'inclure des éléments explicites d'épistémologie dans les formations pour développer la VOS (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

Une étude des liens entre VOS et pratiques a été menée en mettant en regard les réponses des quatre enseignants suivis et l'analyse des données vidéo recueillies dans leurs classes. Elle a montré que, si pour certains points d'épistémologie et certains enseignants, on observe une cohérence entre la VOS et les pratiques, cela n'est pas du tout systématique, et que lorsqu'il y a cohérence, on ne peut conclure que l'un influence ou non l'autre, dans la mesure où il y a potentiellement d'autres déterminants des pratiques qui interviennent (Munier *et al.*, 2016). Par exemple, le fait qu'un enseignant conscient de l'ancrage empirique des sciences (au moins dans certains contextes) fasse manipuler les élèves peut également s'expliquer par le fait que les manipulations sont fortement prescrites par les instructions.

ANALYSES DES FORMATIONS

Pour étudier l'impact du parcours de formation sur les pratiques, nous avons considéré qu'il était nécessaire non seulement, de regarder les PCK en jeu dans la formation mais également, de penser leur potentiel d'action sur les pratiques. Pour cela, avons articulé (Lepareur *et al.*, soumis) le modèle des PCK avec celui de la théorie de l'activité (Engeström, 1999).

Sur le plan méthodologique, les vidéos des formations ont été intégralement transcrites puis nous avons identifié, dans un échantillon de formations, des épisodes de PCK, c'est-à-dire des interventions, des formateurs ou des enseignants, dans lesquelles des PCK étaient explicitées. Pour caractériser ces PCK, nous avons utilisé la catégorisation présentée plus haut. Ces PCK ont ensuite été analysées pour tenter de caractériser leur potentiel d'action sur les pratiques. Pour cela nous avons distingué d'une part, les PCK renvoyant à un contenu spécifique (par ex. mécanique, électricité) et les PCK concernant plus généralement l'enseignement des sciences, d'autre part, les PCK « non opérationnalisées » et « opérationnalisées », respectivement sans et en lien avec le système d'activité de l'enseignant en classe. À titre d'exemples, des extraits d'interventions de formateurs correspondant à des PCK codées selon ces deux critères sont donnés en annexe 2.

Les épisodes de PCK ont été codés et analysés systématiquement à l'aide du logiciel Transana. Des analyses statistiques ont permis de caractériser les formations, sur la base de ce codage et d'obtenir une cartographie des différentes formations. Sans rentrer dans le détail des analyses, nous en retenons ici quelques faits saillants et nous montrons comment ils permettent de comprendre l'effet très limité des formations étudiées sur les pratiques.

Certaines PCK, identifiées par la recherche comme particulièrement déterminantes des pratiques, sont très peu (voire pas) présentes dans les formations (PCK curriculum, buts et finalités et évaluation). Le fait, notamment, qu'il n'y ait pas de connaissance sur l'évaluation ne permet pas de doter les enseignants de moyens de rétroaction leur permettant de réguler leur action en classe. De façon plus globale, les analyses montrent que le parcours analysé est organisé essentiellement en termes de transmission de situations de classe et n'est pas structuré en termes de développement de connaissances : les formations sont organisées par domaine scientifique (SVT, physique, technologie) et par thème (machines, bois, etc.) et on ne peut pas identifier de progression, de répartition des PCK qui feraient apparaître une logique de développement de ces connaissances. Des PCK sont en jeu dans les formations mais plus de la moitié sont isolées, peu articulées, alors que la littérature montre l'importance de leur articulation, entre elles et avec d'autres types de connaissances, pour permettre une mise en œuvre efficace (van Driel *et al.*, 1998, Park & Chen, 2012). De plus elles ne sont pas institutionnalisées (sauf cas particulier).

La majorité des épisodes de PCK intègrent la composante stratégie, mais il s'agit essentiellement des stratégies des formateurs et elles sont présentées comme étant « les bonnes ». Quand les enseignants apportent des exemples issus de leurs pratiques, ils sont au mieux discutés, la plupart du temps ignorés et plus de la moitié des PCK ne sont pas opérationnalisées. La question des modalités de mise en œuvre concrète des situations proposées dans les formations est ainsi majoritairement à la charge des enseignants, ce qui peut expliquer la variabilité de l'appropriation par les enseignants des PCK en jeu dans les formations et des mises en œuvre très différentes en classe.

DISCUSSION

Pour conclure sur les résultats de ce projet, les résultats des études quantitative et qualitative montrent, un an après la fin de la formation, des effets limités de la formation sur les pratiques des enseignants et les apprentissages des élèves. Ces résultats sont cohérents avec la littérature qui montre que les programmes de formation des enseignants, mis en œuvre à grande échelle, n'ont le plus souvent pas d'effet détectable, ni sur les pratiques des enseignants, ni sur les performances des élèves (Fryer, 2017). Notons par ailleurs que les enseignants engagés dans le protocole enseignaient davantage les sciences et faisaient davantage manipuler les élèves que la moyenne, ce qui peut limiter les marges de progression. Enfin, une des limites de ce travail est que nous ne pouvons pas conclure sur d'éventuels effets à plus long terme, du fait de la temporalité du projet, même si nos analyses des formations ne laissent pas présager de telles évolutions.

Au-delà des résultats de l'étude de cette formation spécifique, ce projet nous a amenés à développer des outils théoriques et méthodologiques permettant de caractériser une formation et d'étudier ses effets sur les pratiques enseignantes. Les analyses réalisées nous ont permis de formuler des hypothèses pour expliquer les effets limités du parcours étudié et nous amènent à re-questionner certains de ses présupposés :

- le fait que l'intervention de chercheurs en sciences dites « dures » (physique, biologie...) suffise pour développer la VOS des enseignants et l'influence de cette VOS sur leurs pratiques ;
- le fait de penser les formations en termes de transmission de situation, sans prise en compte des pratiques effectives des enseignants, qui ne semble pas efficient du point de vue de l'évolution des connaissances et des pratiques des enseignants.

Plus généralement, cela pose la question de l'ingénierie de formation qui préside à l'organisation du parcours et du modèle de formation qui le sous-tend. Ici, le modèle de formation implicite semble être celui d'une formation par homologie (Houdement & Kuzniak, 1996), avec ajout de PCK « au fil de l'eau », mais sans modèle de la construction de ces PCK par les enseignants. Il semble ainsi y avoir une contradiction entre le modèle constructiviste de l'apprentissage des élèves, qui sous-tend l'IBST et celui qui semble sous-tendre le parcours de formation pour les enseignants, la reconstruction de la logique sous-jacente à l'activité du point de vue didactique étant à la charge des enseignants. Ce modèle de formation est également en « rupture » avec les modèles qui se développent dans les recherches en didactique avec les ingénieries didactiques de seconde génération (Perrin-Glorian & Bellemain, 2016), de type coopératives (Sensevy, 2011), ou encore dans les recherches qui considèrent qu'il faut penser en termes d'enrichissement plutôt que de transformation des pratiques, travailler avec les enseignants, partir de leurs pratiques, donnant ainsi une place essentielle aux pratiques effectives des enseignants (voir par exemple, Robert & Vivier, 2013).

Plus généralement, si beaucoup d'études considèrent que les objectifs d'une formation sont, entre autres, de développer les PCK des enseignants, la question de comment les développer de manière à faire évoluer les pratiques, qui est reliée à la manière dont on envisage les liens entre PCK et pratiques, ne sont pas toujours explicites dans la littérature sur les PCK, qui s'appuie souvent implicitement sur un modèle cognitiviste de l'enseignant. Or, notre étude montre bien que la question de la transférabilité de l'activité en formation à la classe est complexe. Il ne suffit pas de travailler/construire des « connaissances » en formation, il faut penser leur adaptation aux

situations de classe. Le croisement avec la théorie de l'activité que nous avons proposé ici, nous semble une piste pertinente pour comprendre ce qui se joue en formation et en classe. D'autres études récentes ont commencé à questionner les liens PCK/pratiques en mobilisant d'autres modèles de l'enseignant, mais il nous semble que cette question mérite d'être abordée de manière plus approfondie sur le plan théorique par la recherche en didactique et qu'il y a là un enjeu majeur, notamment dans le contexte actuel d'évolution de la formation des enseignants.

BIBLIOGRAPHIE

- Bächtold, M., Cross, D. & Munier, V. (2019). How to Assess and Categorize Teachers' Views of Science? Two Methodological Issues. *Research In Science Education*, doi:10.1007/s11165-019-09904-x
- Chesnais, A., Cross, D. & Munier, V. (2017). Étudier l'effet de formations sur les pratiques en termes de connaissances : réflexion sur les liens entre connaissances et pratiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 15, 97-132.
- Engeström, Y. (1999). Activity Theory and transformation. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R.-L. Punamäki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory* (pp. 19-38). Cambridge: Cambridge University Press.
- Friedrichsen, P., Van Driel, J. H. & Abell, S. K. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95(2), 358–376.
- Fryer Jr, R. G. (2017). The production of human capital in developed countries: Evidence from 196 randomized field experiments. In *Handbook of economic field experiments, volume 2* (pp. 95–322). Elsevier.
- Houdement, C. & Kuzniak, A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 16 (3), 289-322.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Lepareur, C., Cross, D. & Munier, V. (soumis). *Characterizing a teacher professional development program combining: a theory activity and PCK approach*.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Munier, V., Bächtold, M., Cross, D., Martinez, L. & Molvinger, K. (2016). *Vision des sciences et pratiques des enseignants en sciences à l'école élémentaire : un lien complexe et dialectique*, 9èmes rencontres de l'ARDIST, 30 mars-1er avril 2016, Lens. <https://ardist2016lens.sciencesconf.org/82687/document>
- Park, S. & Chen, Y. C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941.
- Perrin-Glorian, M.-J. & Bellemain, P. M. B. (2016). L'ingénierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maîtres. In *Seminario Latino-Americano de Didactica da Matematica-LADIMA* (pp. 1–51).
- Robert, A. & Vivier L. (2013). Analyser des vidéos sur les pratiques des enseignants

- du second degré en mathématiques : des utilisations contrastées en recherche en didactique et en formation de formateurs – quelle transposition ? *Éducation et Didactique*, 7 (2), 115-144.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir : éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(4), 4-14.
- Van Driel, J.H., Verloop, N. & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.

ANNEXE 1: DESCRIPTION SUCCINCTE DU PARCOURS DE FORMATION MIS EN PLACE

DANS L'UNE DES MAISONS

Thème de la session	Durée	Organisation	Formateurs
Machines simples*	6h en présentiel, 2h d'accompagnement pédagogique et scientifique, 1h de préparation avec l'accompagnateur Présence de l'accompagnateur en classe pendant la séquence	Collectif et groupes	Un formateurs ESPE et un formateur de terrain + un accompagnateur ASTEP
Lumière / astronomie	12h en présentiel	Collectif et groupes	Un scientifique et un formateur ESPE
Objets techniques	6h en présentiel	Collectif et groupes	Un formateur ESPE
Bois	12h en présentiel + 2h d'accompagnement pédagogique et scientifique	Collectif et groupes	Un scientifique et un formateur de terrain
DI	3h	Collectif	Un formateur ESPE et un formateur de terrain

*déroulement de la journée de formation (à titre d'exemple) : après une première situation visant une remise à niveau disciplinaire, les enseignants sont mis en posture d'élèves pour trouver des techniques permettant d'ordonner les intensités des forces exercées par la Terre sur les objets puis pour étudier les effets de différentes machines simples (plan incliné, poulie, palan, levier).

ANNEXE 2

Exemple d'intervention d'un formateur correspondant à une PCK opérationnalisée renvoyant à un contenu spécifique

Nous le propos c'est de se dire quand même dans la classe il va falloir structurer des choses, stabiliser des choses dans la classe, récupérer une partie des productions des élèves pour pouvoir en discuter et se mettre d'accord au moins sur ce qu'on vient de dire là [...] ce qui nous invite à faire évoluer le questionnement, se dire bon ben qu'est-ce qui favorise, qu'est-ce qui facilite, quels sont les paramètres du dispositif c'est à dire qu'est-ce qu'on peut changer sur le plan incliné pour finalement minimiser encore l'effort [...]

Exemple d'intervention d'un formateur correspondant à une PCK non opérationnalisée concernant l'enseignement des sciences de manière générale

Bon je continue sur l'articulation avec la démarche d'investigation, l'idée c'était aussi d'organiser des phases de formulation dans un débat collectif, on en a déjà parlé, ça rejoint ce que je dis là aussi, les moments d'échanges, la question du débat dans l'investigation elle est relativement importante, c'est à dire qu'il s'agit à un moment donné qu'on puisse confronter les différents points de vue alors au début on va évidemment permettre les échanges pour que de l'interaction entre les individus puisse émerger les questions qui sont productives mais il y a bien aussi des moments quand les élèves font des hypothèses, par exemple qu'ils proposent des protocoles expérimentaux [...]

ÉTUDE DES REPRÉSENTATIONS DYNAMIQUES MICROSCOPIQUES D'UNE RÉACTION CHIMIQUE À L'AIDE DE LA TECHNIQUE DU SLOWMATION ÉTUDE TRANSVERSALE AUPRÈS D'ÉLÈVES DE GRADES 9 À 12 EN BELGIQUE FRANCOPHONE

Jérémy Dehon^{1, 2, 3}, Justine Simon^{1, 2, 3}, Philippe Snauwaert^{1, 2, 3}

1 : Institut de Recherche en Didactique et Education de l'UNamur (IRDENA)

2 : Unité de recherche en didactique de la chimie (URDiC)

3 : Université de Namur (UNamur)

Résumé : La réaction chimique est l'une des notions-clés dans l'enseignement de la chimie en Belgique francophone. Or, la représentation dynamique de la réaction chimique au niveau microscopique est à la fois peu abordée dans les classes et constitue une difficulté majeure pour les élèves. À l'aide de l'outil slowmation, nous avons conçu une activité qui permet à des élèves de générer eux-mêmes des animations courtes rendant compte de leurs conceptions du mécanisme dynamique de réactions chimiques données. Les résultats montrent que les conceptions de la réaction chimique (rupture spontanée des liaisons, interprétation additive, etc.) sont très diversifiées et co-existent en classe. L'interprétation des signes composant l'équation chimique semble jouer également un rôle déterminant dans le choix de représentation des élèves.

Mots-clés : réaction chimique, niveau microscopique, conceptions alternatives, slowmation, équation chimique

INSIGHTS INTO STUDENT'S REPRESENTATIONS OF CHEMICAL REACTIONS AT THE SUBMICROSCOPIC LEVEL BY USING SLOWMATION TECHNIQUE A TRANSVERSAL STUDY WITH STUDENTS OF GRADE 9 TO 12 I N THE FRENCH-SPEAKING PARTS OF BELGIUM

Abstract : Chemical reaction is one of the key topics in chemistry teaching in the French-speaking Parts of Belgium. However, dynamic representations of chemical reaction at the submicroscopic level are less used in classrooms. In fact, producing these types of representations is a major issue for many students. Using slowmation technique, we designed an activity allowing students to generate self-made brief animations representing their conceptions of dynamic mechanisms of targeted chemical reactions. Results show that various conceptions of chemical reactions co-exist in classrooms. Interpretations by students of the chemical equation signs seems to play an important role in the student's choice of representations.

Keywords : chemical reaction, chemical equation, submicroscopic level, slowmation, student-generated animations

INTRODUCTION

La réaction chimique constitue l'une des idées-clés (« big ideas ») de la chimie, tant dans le cadre de sa pratique professionnelle que dans le cadre éducatif (Talanquer, 2015). L'idée générale que la matière se transforme peut être décrite selon les trois niveaux de savoir constituant le « chemistry triplet » de Johnstone (1982,1991). Or, il s'avère que la représentation de la réaction chimique au niveau microscopique constitue une tâche complexe pour les apprenants au cours de chimie (Tasker & Dalton, 2008 ; Talanquer, 2009 ; Dehon & Snauwaert, 2015). Plus particulièrement, les représentations dynamiques impliquant le mouvement des particules lors de réactions chimiques font rarement l'objet de leçons dédiées au cours de chimie dans l'enseignement secondaire. Il en ressort une lacune importante dans le réseau cognitif des élèves : si l'écriture symbolique (équations chimiques, formules chimiques) est parfois maîtrisée par les élèves, le contenu microscopique qu'elle représente est parfois limitée à des représentations statiques qui ne permettent pas de proposer un mécanisme satisfaisant. Comme d'autres chercheurs (Hoban, 2007 ; Kamp & Deaton, 2013 ; Nielsen & Hoban, 2015 ; Wishart, 2017, Berg et al., 2019), nous avons souhaité utiliser la technique du slowmation afin que des élèves puissent générer leur propre animation. D'une part, nous vérifions si les représentations alternatives de la réaction chimique issues de la littérature scientifique (interprétation additive, interprétation de type agent/action/patient, etc.) sont repérables dans les animations générées par les élèves. D'autre part, nous portons notre regard sur la capacité des élèves à utiliser une équation chimique (niveau symbolique) pour proposer une première visualisation statique de la réaction chimique au niveau microscopique.

CONTEXTE ET CADRES THEORIQUES

Le « chemistry triplet » de Johnstone (1982, 1991) constitue l'un des cadres théoriques les plus féconds de ces trente dernières années (figure 1.). Le triangle permet de représenter les trois niveaux de pensée ou « niveaux de savoir » selon lesquels on peut discuter, enseigner, apprendre les phénomènes, les objets et les concepts associés à la chimie. Malgré quelques critiques et réajustements (Talanquer, 2011), le triangle de Johnstone reste d'actualité dans l'enseignement de la chimie en Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB). En effet, dans les programmes de chimie de l'enseignement secondaire, le phénomène chimique est décrit différemment en fonction des trois niveaux de savoir : selon une transformation chimique au niveau macroscopique, selon une réaction chimique au niveau microscopique et selon une équation chimique au niveau symbolique. Notre recherche porte ainsi sur la capacité des élèves à construire une représentation microscopique, statique ou dynamique, de la réaction chimique (niveau microscopique) à partir d'une équation chimique (niveau symbolique). Nous n'envisagerons pas, dans cette étude, les aspects relatifs à la transformation chimique et aux liens qu'elle entretient avec la réaction chimique et l'équation chimique.

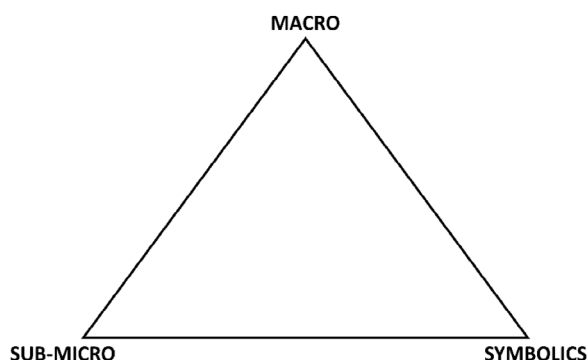


Figure 1. : Triangle de Johnstone (ou « chemistry triplet ») représentant les trois niveaux de pensée (« levels of thought ») en chimie : macroscopique, submicroscopique et symbolique (Johnstone, 1991). Ces « niveaux de pensée » sont appelés « niveaux de savoir » dans la littérature francophone.

Les représentations au niveau microscopique, qu'elles soient statiques ou dynamiques, restent étonnamment peu présentes dans le programme de chimie en FWB (2014). Face à un tel manque, il n'est dès lors pas surprenant que les élèves construisent leur propre modèle mental - souvent flou - de ce qui se déroule dans l'intimité des atomes lors d'une réaction chimique (Dehon & Snauwaert, 2015 ; Dehon, 2018). Des conceptions alternatives de la réaction chimique comme l'interprétation additive¹ (Yitbarek, 2011) ou l'interprétation agent-action-patient² (Gauchon, 2005) sont aussi décrites dans la littérature scientifique. Afin d'explorer les représentations des élèves, nous adoptons le modèle particulière de Cheng (2018). Dans le modèle particulière, on représente les atomes sous la forme de sphères, sans prise en compte des électrons, des protons, des neutrons ou le développement des types de liaisons dans une molécule. Enfin, les représentations dynamiques seront supportées par l'outil « slowmation ». Popularisée par Hoban au milieu des années 2000 (Hoban, 2005), la technique du slowmation, ou animation lente, est une technique simple et rapide qui permet de réaliser des vidéos destinées à l'enseignement. Pour réaliser des vidéos en slowmation, les élèves doivent réaliser des photos d'objets qu'ils positionnent différemment entre chaque photo. À l'aide d'une application ou d'un logiciel, ces photos défilent à une vitesse entre 2 à 10 images par seconde, ce qui donne une impression de mouvement.

QUESTIONS DE RECHERCHE

Nous posons deux questions de recherche :

- Dans quelle mesure (notamment en termes de fréquence) les conceptions alternatives de la réaction chimique observées dans la littérature scientifique sont-elles relevées dans notre activité « slowmation » ?
- Quelles sont les significations liées à l'interprétation des symboles d'une équation chimique susceptibles d'influencer la visualisation d'un mécanisme dynamique de la réaction chimique au niveau microscopique ?

METHODOLOGIE

Après un pré-test auprès d'étudiants en AES³ Chimie afin d'affiner notre dispositif, nous avons défini 8 équations chimiques (4 équations chimiques principales et 4 équations-défis) à représenter selon une animation slowmation. Cette animation est supportée par l'application « Stop Motion Studio », disponible gratuitement, et téléchargée sur des tablettes fournies aux élèves/étudiants. Les équations sont choisies dans le but d'augmenter progressivement la difficulté des représentations microscopiques. Elles sont données aux élèves au fur et à mesure de l'activité, sans délai fixe entre équations chimiques. La consigne est de « représenter, sous forme d'une courte vidéo, la réaction chimique indiquée via l'équation chimique, à l'aide des aimants et de

1 Selon cette interprétation, les corps purs composés sont constitués de corps purs simples, dont l'intégrité est conservée. Par exemple, la molécule de dioxyde de carbone CO₂ est constituée d'un atome de carbone C et d'une molécule de dioxygène O₂.

2 Selon cette interprétation, il existe toujours un réactif plus actif que l'autre dans une réaction chimique. Le protagoniste le plus actif est appelé « agent », alors que le protagoniste le moins actif est appelé « patient ». Par exemple, lors de la combustion du carbone, c'est le carbone qui est le patient alors que le dioxygène est l'agent.

3 Agrégation de l'Enseignement Secondaire Supérieur – L'AESS est un cycle de 30 crédits permettant à un détenteur d'un master en sciences chimiques (ou autres masters à caractère scientifique) d'enseigner au degré supérieur de l'enseignement secondaire en FWB.

l'outil d'animation ». Afin de réaliser ces vidéos, tous les élèves disposent du même matériel. Ils ont à leur disposition :

- une trentaine d'aimants, représentant chacun un atome, de cinq couleurs différentes ;
- un tableau blanc déposé horizontalement sur une table ;
- une feuille de consignes et une feuille vierge de description des vidéos ;
- une tablette placée sur un support.

L'étude a été réalisée avec la participation de cinq écoles secondaires en FWB, pour des élèves allant de la 3ème à la 6ème secondaire (N (élèves) = 93 ; N (groupes) = 38). Ces écoles font partie soit du réseau de la FWB, soit du réseau libre subventionné. Nous avons recueilli et analysé un total de 233 vidéos (tableau 1). Les élèves de quatrième année de l'enseignement secondaire n'ont pas été testés en raison de l'absence de contenus à enseigner relatifs au niveau microscopique dans le programme de chimie de cette année d'étude.

Nombre de vidéos	3ème année (3.G1→3.G17)	5ème année (5.G1→5.G8)	6ème année (6.G1→6.G13)	Total
Total	105	49	79	233
Équation 1 (E1)	17	8	13	38
Équation 2 (E2)	17	8	13	38
Équation 3 (E3)	17	8	13	38
Équation 4 (E4)	17	8	11	36
Défi 1 (D1)	17	8	9	34
Défi 2 (D2)	15	6	8	29
Défi 3 (D3)	4	2	6	12
Défi 4 (D4)	1	1	6	8

Tableau 1. : Nombre total de vidéos et nombre de vidéos par équation, réalisées par les élèves de troisième, cinquième et sixième année, testés dans notre échantillon.

RESULTATS PRINCIPAUX

Nous avons analysé les animations créées par les élèves selon huit critères différents : rôle des collisions dans le mécanisme (C1), présence/absence de l'interprétation additive (C2), présence/absence de l'interprétation agent-action-patient (C3), mouvement des particules en fonction de l'état de la matière (C4), respect de la conservation du nombre d'atomes de chaque type lors de la réaction chimique (C5), représentation géométrique des molécules (C6), prédiction de produits/réactifs (C7), représentation monoparticulaire ou multiparticulaire de la réaction chimique (C8). Tous les critères ont été prévus a priori, en fonction des équations choisies. Les trois premiers relèvent plus de la compréhension dynamique de la réaction chimique quand les cinq derniers informent sur l'interprétation de la symbolique chimique pour construire des représentations microscopiques statiques des particules. Nous développerons, dans cette communication, les résultats associés aux conceptions alternatives de la réaction chimique (C1, C2, C3) et aux interprétations du coefficient stoechiométrique et des signes représentant les états de la matière (C4, C8).

À PROPOS DES CONCEPTIONS ALTERNATIVES DE LA RÉACTION CHIMIQUE

Premièrement, nous avons relevé 4 types de collisions :

- synchronisée : la rupture et la formation de liaisons sont quasi simultanées.
- décalée de type I : la rupture des liaisons dans les réactifs survient avant la collision. Lorsque les réactifs se rapprochent les uns des autres, il y a rupture progressive des liaisons.
- décalée de type II : la collision entraîne la formation de liaisons. Puis, des liaisons se rompent pour accéder à une structure géométrique particulière.
- pas de rupture : il y a collision et formation de nouvelles liaisons mais aucune rupture de liaison n'est observée.

La figure 2. montre que la représentation des collisions chez les élèves testés, quelle que soit l'année d'étude, est majoritairement une représentation décalée de type I (46 % des vidéos⁴).

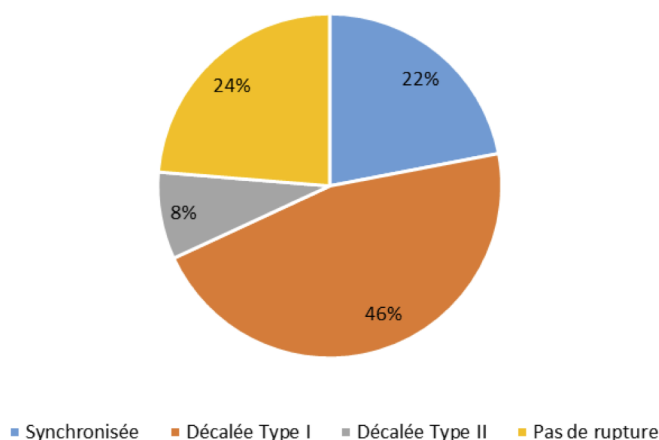


Figure 2. : Schéma en secteurs de la fréquence relative du type de représentation des collisions, produites dans les vidéos réalisées par les élèves testés, en considérant l'ensemble des vidéos (N= 233).

Il est à noter que près d'un élève sur quatre (24 %) n'envisage pas de rupture de liaison.

Deuxièmement, nous avons distingué deux types d'interprétation additive :

- interprétation additive de type I : les réactifs sont juxtaposés pour donner le produit, sans rupture de liaisons ;
- interprétation additive de type II : formation d'intermédiaires hypothétiques composés d'un même type d'atomes (exemple : « Fe₂ » et « O₃ » pour former le « Fe₂O₃ »). Ces molécules hypothétiques sont une décomposition en corps purs simples de la formule brute du produit de la réaction.

Les interprétations additives de type I et de type II sont plus fréquentes chez les élèves de troisième année (38 %) que chez les élèves de cinquième (29 %) et sixième année (15 %). Certaines équations chimiques (formation de l'alumine, formation de l'ammoniac) sont aussi plus susceptibles de produire l'interprétation additive chez les élèves.

Troisièmement, des représentations qui pourraient relever de l'interprétation « agent-action-patient » (AAP) ne sont repérées que dans moins de 20 % des vidéos créées par les élèves. En l'absence d'entretiens avec les élèves pour s'assurer de la présence de l'interprétation AAP, 4 Cela signifie que nous avons comptabilisé 107 vidéos comprenant une représentation d'une collision de type I sur les 233 vidéos recueillies, ce qui donne une fréquence relative de 46 %.

nous émettons une certaine réserve sur ce résultat. De plus, il est probable que l'outil slowmation en lui-même provoque ce constat : il est en effet expressément demandé de produire une animation dynamique, ce qui impliquerait, pour les élèves, le mouvement de tous les partenaires réactionnels. Ces trois résultats nous permettent de répondre partiellement à notre première question de recherche : il semble que des conceptions alternatives de la réaction chimique apparaissent en des proportions non-négligeables chez les élèves belges.

À PROPOS DE L'INTERPRÉTATION DES SIGNES DE L'ÉQUATION CHIMIQUE

L'analyse de l'interprétation des signes représentant les états de la matière ((s) ; (l) ; (g)) a fait émerger un résultat remarquable. Parmi les 84 vidéos produites relativement à une équation chimique contenant une indication claire d'un état solide, on peut observer 35 vidéos représentant un bloc compact d'atomes en mouvement. Ce constat peut être le produit de l'injonction paradoxale liée au slowmation : quel mouvement moléculaire doit-on envisager quand le réactif est déclaré à l'état solide ? Le caractère statique du solide est probablement négligé au profit de l'obligation de rendre compte d'une dynamique. En outre, l'état gazeux est représenté étrangement au niveau microscopique dans 32 vidéos : les atomes sont dissociés et se déplacent dans l'espace du cadre. Pour les élèves qui ont réalisé ces animations, l'état gazeux d'une substance implique donc la rupture des molécules constitutives afin d'assurer le caractère expansible des gaz.

Le coefficient stoechiométrique est aussi différemment interprété par les élèves testés. Nous avons discerné deux types d'usage :

- le coefficient indique un nombre strict de molécules : dans le cas de la combustion du carbone ($C + O_2 \rightarrow CO_2$), les élèves représentent un atome de carbone et une molécule de dioxygène comme réactifs. Une seule réaction est observée. Ce type de représentation est dit « monoparticulaire » ;
- le coefficient indique une proportion : dans le cas de la combustion du carbone, les élèves représentent plusieurs atomes de carbone et plusieurs molécules de dioxygène. Plusieurs réactions ont lieu simultanément et un excès peut être observé. Ce type de représentation est dit « multiparticulaire ».
-

Sans surprise, ce sont les représentations de type monoparticulaire qui sont les plus fréquentes (88 % des vidéos analysées). Les représentations multiparticulaires sont liées essentiellement à une tâche particulière (Défi n°2) dans laquelle nous imposons de dessiner 4 molécules de dioxygène et 4 molécules de dihydrogène, dans le cadre de la formation de l'eau. En bref, si les élèves n'y sont pas forcés, la représentation monoparticulaire constitue de loin leur premier choix. Ceci peut également être une contrainte liée à l'outil slowmation. En effet, mettre en mouvement un grand nombre de particules (aimants) ajoute un travail supplémentaire et un investissement en temps que les élèves semblent vouloir éviter. Ces éléments de réponse éclairent la deuxième question de recherche : le traitement (parfois incorrect) des symboles des états de la matière et du coefficient stoechiométrique influence grandement les représentations dynamiques de la réaction chimique.

CONCLUSIONS

Notre activité de représentation dynamique de la réaction chimique a relevé l'ensemble des défis que nous lui avons assignés. Conçue pour être simple, rapide et facile d'accès, elle se développe sur deux périodes de cours en conditions réelles. Ensuite, l'outil slowmation permet de révéler des conceptions alternatives du mécanisme réactionnel, qui seraient restées cachées

dans un simple exercice de représentation statique. Les catégories mises au jour concernant le rôle des collisions ou le type d'interprétation additive, pourront servir tant à la recherche en didactique qu'aux formateurs de professeurs. Enfin, les différentes interprétations des signes de l'équation chimique, rendues apparentes dans les animations produites par les élèves, laissent entrevoir des possibilités de diagnostics rapides pour les professeurs, ainsi que de séances de remédiation adaptées. La question de la dynamique dans le groupe d'élèves, notamment dans la prise de décision, ainsi que la question de l'apprentissage des concepts chimiques que cet outil pourrait favoriser, restent entières, amenant de facto à des perspectives de recherche enthousiasmantes.

BIBLIOGRAPHIE

- Berg, A., Orraryd, D., Pettersson, A.J. & Hulten, M. (2019). Representational challenges in animated chemistry: self-generated animations as a means to encourage students' reflections on sub-micro processes in laboratory exercises. *Chemical Education Research and Practice*, **20**, 710-737.
- Cheng, M.W. (2018). Students' visualisation of chemical reactions - insights into the particle model and the atomic model. *Chemistry Education Research and Practice*, **19**, 227-239.
- Dehon, J. & Snauwaert, P. (2015). L'équation de réaction : une équation à plusieurs inconnues – Étude de productions d'élèves de 16-17 ans en Belgique francophone. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, **12**, 209-235.
- Dehon, J. (2018). *L'équation chimique, un sujet d'étude pour diagnostiquer les difficultés d'apprentissage de la langue symbolique des chimistes dans l'enseignement secondaire belge* (mémoire de thèse). Namur : PUN.
- FWB – Ministère de la Fédération Wallonie-Bruxelles (2014). *Compétences terminales et savoirs requis en sciences de base et en sciences générales. Enseignement secondaire ordinaire de plein exercice, Humanités générales et technologiques*, Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique, Bruxelles.
- Gauchon, L. (2005). Transformation chimique : conceptions des élèves / notion de réactif limitant. *Bulletin de l'Union des professeurs de physique et de chimie*, **99**, 733-746.
- Hoban, G. (2005). From claymation to slowmation: A teaching procedure to develop students' science understandings. *Teaching Science*, **51**(2), 26-30.
- Hoban, G. (2007). Using slowmation to engage preservice elementary teachers in understanding science content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, **7**(2), 75-91.
- Johnstone, A.H. (1982). Macro- and microchemistry [Notes and correspondence]. *School Science Review*, **64**(227), 377-379.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, **7**, 75-83.
- Kamp, B. et Deaton, C. (2013). Move, stop, learn: illustrating mitosis through stop-motion animation. *Science Activities*, **50**, 46-153.
- Nielsen, W. et Hoban, G. (2015). Designing a digital teaching resource to explain phases of the moon: a case study of preservice elementary teachers making a slowmation. *Journal of Research in Science Teaching*, **52**, 207-233.

- Talanquer, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions: the case of “structure of matter”. *International Journal of Science Education*, *31*, 2123-2136.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, *33*(2), 179-195.
- Talanquer, V. (2015). Central ideas in chemistry: an alternative perspective. *Journal of chemical education*, *93*(1), 3-8.
- Tasker, R. et Dalton, R. (2006). Research into practice: visualisation of the molecular world using animations. *Chemical Education Research and Practice*, *7*, 141-159.
- Wishart, J. (2017). Exploring how creating stop-motion animations supports student teachers in learning to teach science. *Journal of Research on Technology in Education*, *49*(1-2), 88-101.
- Yitbarek, S. (2011). Chemical reaction: diagnosis and towards remedy of misconceptions. *African Journal of Chemical Education*, *1*(1), 10-28.

EXPERIMENTATION D'UN SUPPORT EN EVEIL SCIENTIFIQUE AVEC DE JEUNES ELEVES (5 A 8 ANS) EN BELGIQUE FRANCOPHONE ANALYSE DE TRACES ICONIQUES QUI ACCOMPAGNENT LES SÉQUENCES EXPÉRIMENTALES

Letty Lefebvre

Résumé : Dans le cadre d'activités d'éveil scientifique, l'utilisation de supports et de traces interroge les enseignants qui enseignent aux jeunes élèves maîtrisant peu ou pas le langage écrit en tant qu'outil de communication, en Belgique francophone. Par supports nous entendons des outils pédagogiques (tels que cahier, classeur, panneau d'affichage...) organisés et structurés destinés à recueillir des traces (telles que dessins, schémas, tableaux, écrits...). Nous avons, dans un premier temps, interrogés les acteurs de terrain afin de mettre en évidence quels supports et quelles traces sont utilisés par les jeunes élèves, quelles limites et difficultés sont rencontrées. Dans un deuxième temps, nous avons expérimenté nos propres outils (supports et traces) afin d'évaluer la faisabilité de l'utilisation de tels outils avec de jeunes élèves. Lors de cette communication nous nous attarderons plus spécifiquement sur l'analyse des traces iconiques.

Mots-clés : éveil scientifique, démarche d'investigation, trace, support pédagogique, structuration, dessin

Abstract : In the context of scientific awakening activities, the use of materials and traces questions teachers who teach young students who have little or no command of written language as a communication tool (3rd kindergarten, 1st and 2nd primaries) in French-speaking Belgium. By media we mean educational tools (such as notebook, binder, billboard...) organized and structured to collect traces (such as drawings, diagrams, paintings, writings...). We first interviewed the actors in the field to highlight what supports and traces are used by young students, what limits and difficulties are encountered. Secondly, we have experimented with our own tools (supports and traces) to evaluate the feasibility of using such tools with young students. During this communication we will focus more specifically on the analysis of iconic traces.

Keywords : scientific awakening, investigative approach, trace, pedagogical support, structuring, drawing

INTRODUCTION

Astolfi (2006) constate, lors des séquences d'éveil scientifique données sous forme de démarches d'investigations avec de jeunes élèves, que certains « risquent d'en rester au registre de l'action » c'est-à-dire au plaisir de « faire des expériences » sans comprendre les véritables enjeux scientifiques sous-jacents. Or, pour Giordan (1997), apprendre, c'est aussi s'exprimer. Les pratiques de manipulation des objets, si elles sont indispensables, passent par la verbalisation ou l'expression écrite. « À l'école, la parole, l'écriture, le dessin, le schéma sont les médiums entre deux ou plusieurs apprenants et les instruments de la prise de conscience. Dire à haute voix ses idées permet de les "voir" autrement ; les écrire augmente leur cohérence et les schématiser, leur organisation ».

La problématique étudiée concerne ces outils de structuration « traces » tels que dessins, schémas, légendes, tableaux... et les supports qui les contiennent tels que classeurs, cahiers... Nous entendons par outil un objet didactique qui « soutient » l'activité scientifique et la réflexion sur cette activité (Lyonnais 2009). Nous pensons que l'utilisation de tels outils permettent à l'enfant de construire sa pensée et organiser ses acquis (Giot, Quittre 2006). Si l'utilisation de ces outils semble évidente avec des élèves qui maîtrisent l'écrit (Lyonnais, 2009), cela l'est beaucoup moins lorsqu'il s'agit de jeunes élèves n'ayant pas encore la maîtrise des outils scripteurs que ce soit pour écrire, dessiner, schématiser ... et des outils intellectuels qui favorisent la conceptualisation tels que les tableaux et les graphes. C'est donc sur cette population de jeunes élèves (3ème maternelle et 1è primaire)¹ que se portera notre intérêt.

Dans un premier temps nous avons interrogé des enseignants dans le but d'identifier, de manière approfondie, les outils (supports et traces) et les contextes et conditions qui encadrent, favorisent ou entravent, la manière dont ils gèrent ceux-ci en éveil scientifique avec de jeunes élèves (phase exploratoire). Ensuite, nous avons expérimenté l'utilisation d'un support « dossier d'expérience » afin d'observer la gestion de celui-ci par le jeune élève et d'observer le produit « traces : représentations schématisées, tableaux et écrits » (phase expérimentale). Le dossier d'expérience (annexe 1) tel que proposé, tient compte des limites et contraintes évoquées lors de la phase exploratoire par les acteurs de terrain.

L'objet de cette communication portera plus précisément sur l'analyse des traces iconiques. Pour Wallon (2012), le dessin est un mode de communication utilisé d'autant plus par le jeune enfant qu'il ne maîtrise pas le langage écrit. L'intention de l'enfant lorsqu'il dessine est clairement de représenter des objets. Nous tenons à préciser qu'à l'âge qui nous concerne, les enfants évoluent au stade du réalisme intellectuel (Luquet, 1991) : ils ne dessinent pas ce qu'ils voient mais une transformation de ce qu'ils connaissent. L'enfant se construit un modèle interne au départ de ses multiples expériences et exemples. Pour l'enfant, à ce stade, l'objet doit contenir tous les éléments réels, même ceux que l'on ne voit pas directement. Ceci entraîne l'utilisation de divers procédés : l'enfant dessine des détails qui se confondent dans la réalité ; il dessine également des éléments invisibles, par « transparence ». L'enfant utilise divers points de vue dans le même dessin et il n'a pas de notions de perspectives, ce qui implique un procédé particulier : « le rabattement » (annexe 3).

La pédagogie du dessin utilisée dans ce cadre est une « pédagogie par le dessin » (Widlöcher, 2002). Le dessin est un instrument de conceptualisation par l'aller-retour de l'objet réel à l'objet représenté, de l'aspect figuratif à l'aspect opératif (Piaget). Nous nous interrogeons sur les

1 3ème maternelle : Grande section. 1ère primaire : Cours préparatoire

termes dessin, schéma. Nous essayons de trouver un vocabulaire adapté à ce qui se passe dans la classe de jeunes élèves : ni dessins d'observations qui demandent une représentation réelle et proche du réel (ce que je vois) ; ni schéma qui demande un niveau d'abstraction trop élevé. Après lecture de l'évolution du dessin (Luquet, 1991 ; Widlöcher, 2002), il nous semble que « représentation schématisée » semble plus correct (ce que je sais : mon modèle interne, et non pas ce que je vois : le modèle visuel).

QUESTION GENERALE DE RECHERCHE

« Est-il possible pour de jeunes élèves (M3/P1) d'utiliser un support « dossier d'expérience » permettant de garder des traces dans le cadre d'activités d'éveil scientifique ? »

PHASE 2 : L'EXPERIMENTATION DU « DOSSIER D'EXPERIENCE » PAR LES ELEVES

Les traces, plus particulièrement les « représentations schématisées », produites par les jeunes élèves lors de l'utilisation du « dossier d'expérience » en éveil scientifique sont-elles représentatives ?

Le but de cette phase est de rendre compte des pratiques usuelles des jeunes élèves dans un cadre formalisé : les séquences d'éveil scientifique, en atelier et sous forme de démarche d'investigation incluant l'utilisation d'un outil « dossier d'expérience ».

Cette analyse se réalise en 3 parties, le processus (comment les jeunes élèves gèrent le « dossier d'expérience ») ; le produit (la représentativité des traces réalisées) ; la perception des élèves (ou comment les jeunes élèves perçoivent « le dossier d'expérience » et les traces).

L'objet de cette communication porte sur les produits et plus précisément, sur l'analyse des représentations iconiques que nous avons appelées « représentations schématisées ».

DISPOSITIF ET RECUEIL DE DONNÉES

- Le choix se porte sur 2 écoles (P1 et M3) .
- L'organisation en P1 est de 4 ateliers de 5 élèves et en M3 de 3 ateliers de 4 et 5 élèves².
- Les 7 séquences de sciences expérimentales proposées dans chaque classe sur le thème de l'eau sont issues d'un document que nous avons nous-même produit.
- Le support proposé est un dossier d'expérience individuel complété à chaque séance
- Les traces demandées aux élèves pour accompagner les séquences sont : construire un tableau à simple entrée ; dessiner ; écrire des mots et/ou des phrases.

Corpus pour cette communication : documents « dossiers d'expériences » (annexe 1) utilisés de la séquence 1 à la séquence 7 et comprenant les traces.

Échantillon : Groupe significatif pour le thème : les élèves de la classe de M3 (13) et P1(20).

2 Le choix des élèves dans les groupes est déterminé par la titulaire de classe sur la base de groupes hétérogènes (comportement et compétences intellectuelles des jeunes élèves, de l'avis des enseignantes titulaires de classe).

ANALYSE QUANTITATIVE ET QUALITATIVE DES DONNÉES ET RÉSULTATS

Il s'agit d'une étude documentaire. Les documents font l'objet d'une analyse quantitative (analyse statistique descriptive) et d'une analyse qualitative (analyse thématique).

ANALYSE DOCUMENTAIRE QUANTITATIVE DES REPRÉSENTATIONS SCHÉMATISÉES

Afin d'élaborer notre grille de codage, nous avons recherché ce qui semblait important dans les dessins réalisés par les jeunes élèves dans le cadre des séquences d'éveil et dans les limites de cette recherche. L'objet d'analyse se situera au niveau de la reconnaissance de l'objet dessiné : la forme globale proche du réel, les éléments essentiels (quelques détails, couleurs) qui permettent d'identifier l'objet, le soin dans les détails (matières, lumière, finesse des traits). Nous ne tiendrons pas compte, dans le concept de représentativité, des éléments spatiaux suivants : orientation, proportions, perspectives.

Les éléments évalués seront repris dans les dossiers 1, 4 et 7 (ceci afin d'observer une éventuelle progression) ; feuillet 3 : « je réalise une expérience » (car c'est le feuillet qui recueille les dessins les plus élaborés).

Afin d'éliminer une vision trop idéaliste du chercheur (impliqué dans la recherche) et de trianguler nos données, nous demandons à 2 personnes extérieures (un psychopédagogue et un directeur d'école) de codifier avec nous les dessins observés.

La grille critériée d'analyse quantitative concernant le langage iconique a comme concept la « représentations schématisée » et reprend les dimensions et indicateurs suivants :

- Tout à fait représentatif : 5 (formes correctes et précisions dans les détails) ;
- Représentatif : 3 (formes globales proches du réel et éléments essentiels qui permettent d'identifier l'objet ; détails, couleurs) ;
- Assez représentatif : 2 (formes globales permettant d'identifier l'(les)objet(s)) ;
- Peu représentatif : 1 (quelques éléments du contexte) ;
- Pas du tout représentatif : 0 (non reconnaissance de(s) l'objet(s) dessiné(s)).

ANALYSE DES RÉSULTATS

M3 (GS)

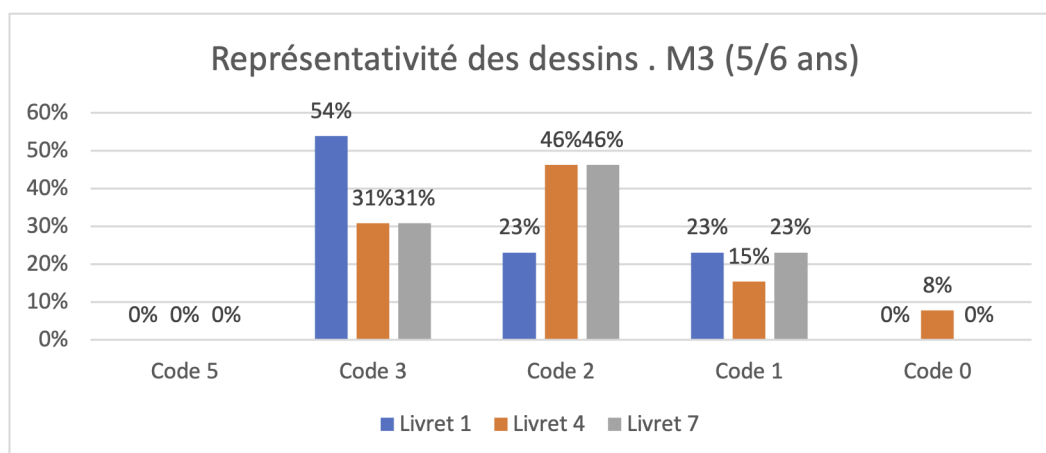


Tableau 1. : M3 : Représentativité des dessins dans les dossiers 1/4/7.

Aucun dessin analysé ne peut entrer dans la catégorie (5) « Tout à fait représentatif ». La catégorie (3) « Représentatif » reprend 54 % des dessins au premier livret et 31 % aux livrets 4 et 7. Aucun élément ne permet d'expliquer cette différence. Si l'on se satisfait de dessins de la catégorie « Assez représentatif » (codes 2+3), les résultats des dessins analysés sont de 77 % aux 3 dossiers. On ne constate pas d'amélioration au cours des séances.

P1 (CP)

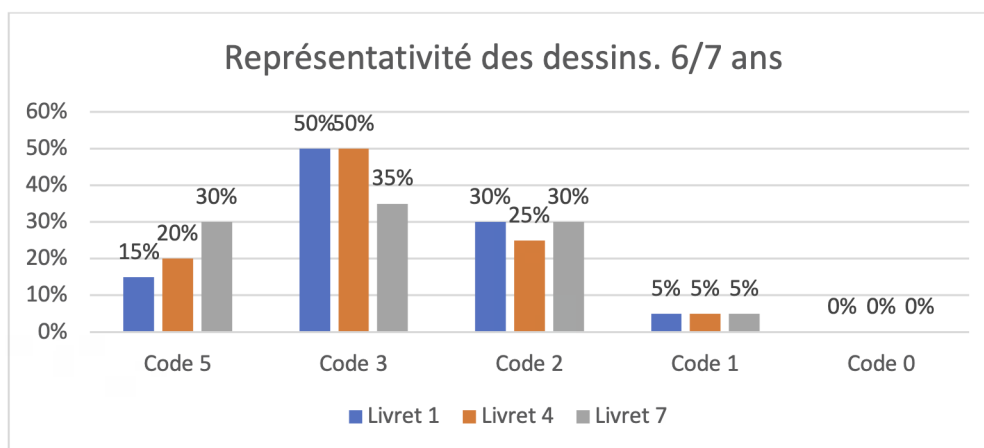


Tableau 2 : P1 : Représentativité des dessins dans les dossiers 1/4/7

Certains dessins analysés entrent dans la catégorie (5) « Tout à fait représentatif ». Ces résultats sont de l'ordre de 15 % pour le dossier 1, 20 % pour le dossier 4 et 30 % pour le dossier 7. On y voit donc peu d'évolution dans la représentativité des dessins. Si l'on ajoute la catégorie 3 (codes 5+3) : « Représentatif » nous constatons 65 % des dessins du premier et dernier dossiers et 70 % du dossier 4, qui entrent dans ces catégories. Ceci ne montre pas d'évolution significative dans le concept de représentativité que nous nous sommes fixés. Enfin, si l'on se satisfait de dessins de la catégorie « Assez représentatif » (codes 5+3+2), les résultats des dessins analysés sont de l'ordre de 95 % aux 3 dossiers.

COMPARAISON RÉSULTATS M3/P1

L'amélioration semble évidente entre la classe M3 et P1. En effet, nous n'avons aucun dossier en M3 qui entre dans la catégorie 5 : « Tout à fait représentatif ». De plus en reprenant l'analyse des codes 2 et plus, donc au moins « Assez représentatif », nous obtenons un score de 77 % en maternelle et 95 % en 1ère année primaire.

COMPARAISON « PREMIER » ET « DERNIER » DESSIN

En comparant le concept de représentativité des dessins du premier livret au dernier livret, la progression dans le temps et l'apprentissage (7 séquences dans chaque classe) ne semble à priori pas évidente.

ANALYSE DOCUMENTAIRE QUALITATIVE DES REPRÉSENTATIONS SCHÉMATISÉES

À la suite de l'analyse quantitative, il nous semblait intéressant d'approfondir le concept de représentativité. Les catégories retenues pour l'observation des documents (grille annexe 2) concernent la gestion, par l'enfant, de l'espace, des grandeurs, du temps, affective, cognitive, matérielle et motrice.

- La gestion de l'espace : les difficultés résident dans le fait de situer sur l'espace feuille (espace topologique ; où dessiner : en haut, en bas, dans un coin...) et d'utiliser le bon feuillet du dossier d'expérience (quelle feuille) malgré les logos (étapes de la démarche) rappelés sur chaque feuillet. En M3, l'espace feuille est le plus souvent bien occupé ; ce qui est moins souvent le cas en P1 (dessins en haut, quelquefois au milieu). Certaines formes (espace Euclidien) : trapèzes, rectangles, demi-cercles (régulières) et irrégulières sont difficiles à reproduire (gobelet, boîte, essuie, anse, bouteille, cuillère...). Un autre problème est celui de la diversité des points de vue (pieds et dessus de la table, rondelles et bouchons, goulot et bouteille). Dans un même dessin, l'enfant n'éprouve aucun problème à mettre des éléments de face, de profil, vus en plan (lignes radiateur, chaise et dossier, tuyau et extrémités). Les perspectives ne sont pas encore maîtrisées donc, certaines parties sont « rabattues » (pieds de la table de la chaise, radeaux).
- La gestion des grandeurs : concerne la grandeur des dessins (souvent très petits dans un coin ; quelquefois très grands en M3) ; le nombre d'éléments présents (dessins incomplets et quelquefois trop d'éléments en M3) et les proportions des divers éléments qui ne sont pas respectées (la table, la boîte, la bouteille sur le même dessin...).
- La gestion du temps : concerne la durée que nécessitent ces dessins. Certains enfants sont très lents et ne parviennent pas à terminer leurs dessins dans le temps prévu pour la séquence (certains feuillets ne sont pas complétés). Certains choisissent d'écrire ou de coller des étiquettes afin de gagner du temps ou demandent à la maîtresse de compléter par écrit. La durée du temps nécessaire pour écrire ou dessiner est très variable d'un enfant à l'autre.
- La gestion affective : cette section concerne essentiellement le besoin et ou l'envie de dessiner. Les enfants éprouvent naturellement ce besoin d'intention représentative. Même en M3, les dossiers plaisent et motivent. Cependant, pour certains enfants, c'est fatiguant (non terminé), voire difficile (non représentatif). Certains enfants sont davantage dans l'artistique (des détails, des couleurs, des suppléments, décorer, enrichir...) et non dans le dessin de représentation schématisée ; ils complètent le dessin avec des éléments artistiques (couleurs de fond, petits cœurs). Les enfants sont très accrochés aux modèles sociaux et culturels fournis par la maîtresse (copie des dessins demandés et/ou proposés).
- La gestion cognitive : les jeunes élèves sont dans la représentation intellectuelle de l'objet (ce que je sais et non ce que je vois). L'objet représenté est souvent reconnaissable, même s'il ne s'agit pas d'un dessin scientifique, car il est davantage schématisé et ou culturel (vu ou donné par le maître ou copié sur les pairs). En M3, certains dessins ne sont pas identifiables (absence d'éléments représentatifs : bouteille, essuie), tous les objets se ressemblent. Au stade du syncrétisme (Wallon, 2012), l'enfant perçoit plus facilement les formes dans leur ensemble que les détails. Cependant, selon les formes qu'on lui présente, sa perception est exagérément syncrétique ou exagérément analytique. Si la forme est simple, il en percevra l'ensemble (l'essuie) mais négligera les détails, si elle est complexe les objets sont dessinés avec une foule de détails, d'éléments non nécessaires pour la compréhension (lignes de la bouteille, bouton du radiateur, étiquette sur la bouteille...). Les enfants n'hésitent pas à dessiner par transparence (les glaçons dans les différentes boîtes ou tissus). Nous n'avons fait aucun constat de conceptions erronées dans les traces en P1, même si certaines existent dans l'idée : en M3, la couleur de l'eau reste bleue malgré les expériences préalables réalisées.

- La gestion matérielle et motrice : l'utilisation du matériel est adaptée : crayon d'écriture, gomme, crayons de couleurs. Les jeunes élèves ne dessinent pas les formes régulières avec une règle. Si les couleurs sont quelquefois nécessaires pour différencier des objets qui se ressemblent (boîte en frigolite/en plastique/en carton ; couleur des radeaux...), il arrive que le choix de la couleur soit aléatoire et non représentatif (couleurs du « drapeau belge » sur la table, l'essuie). Les dessins reflètent souvent le modèle culturel (modèle du maître ou schémas pour dessiner un gobelet, une table, un sèche-cheveux...). L'acte moteur est variable, si chaque enfant peut dessiner pour certains, c'est quelquefois apparenté à du gribouillage et le soin n'est pas toujours présent (trou dans la feuille avec un marqueur, traces non gommées, taches...). Gommer les erreurs (grandeur, espace feuille, difficulté à représenter un objet peu connu...), ce n'est pas toujours facile du point de vue moteur.

DISCUSSION

Pour Widlöcher (2002), « il ne suffit pas que nous sachions que les traces sont l'image de quelque chose ; il faut aussi que nous reconnaissons l'objet représenté ». L'essentiel de l'analyse repose sur la représentativité des objets dessinés. Du point de vue qualitatif, l'évolution des dessins enfantins montre diverses difficultés de l'ordre, de l'espace, des grandeurs et cognitives. Comme démontré par Luquet (1991), pour l'enfant le dessin doit contenir tous les éléments, même ceux que l'on ne voit pas. C'est ce qu'il appelle le « réalisme intellectuel » : l'enfant dessine ce qu'il connaît de l'objet et non ce qu'il voit (la bouteille, annexe 4). L'enfant met en évidence des détails (les lignes du radiateur, annexe 4) ou utilise la « transparence » : les éléments cachés deviennent visibles (les glaçons dans les boîtes, annexe 4) . La vision du plan est également une problématique, souvent les objets sont vus par-dessus ce qui implique un autre procédé qu'on appelle « rabattement » (les 4 pieds de la chaise, annexe 3). De plus dans le même dessin il peut recourir à différentes visions du plan : de profil, de face, vu dans haut, en surplomb (la table et bouteille, annexe 5). L'enfant ne dessine pas d'après l'observation mais d'après l'image mentale qu'il se fait de l'objet à représenter (Luquet, 1991). Les erreurs de perspectives sont courantes (lignes du radiateur, annexe 3). Pour Wallon (2012), le passage au réalisme visuel est une maturation perceptive et intellectuelle (différents points de vue de l'objet) que l'enfant ne possède pas à l'âge qui nous concerne et que nous avons nous-mêmes constaté. En effet, les dessins que nous avons observés ne gardent de l'objet que ce qui est nécessaire pour sa reconnaissance. Dès lors, le style est très schématique. Enfin, la situation dans laquelle les enfants dessinent (activité d'éveil scientifique) induit certains types de dessins et ne laisse pas de place à l'imagination. Les dessins figuratifs utilisent souvent des formes géométriques (espace euclidien) pour représenter les objets (serviette, rondelles, annexe 5) ou copient des modèles proposés par l'adulte. Widlöcher (2002) rappelle que les formes correspondent à des types de représentations validées par notre héritage culturel. Nous avons constaté, comme Gardner (1997), que l'enfant est souvent demandeur de modèles afin de se rassurer sur l'objet à reproduire (une bouteille, un gant, annexe 4). Cette pratique peut être intéressante au vu des résultats satisfaisants qu'elle donne dans l'immédiat ; nous pensons, que dans le cadre d'une pédagogie par le dessin, le copiage peut s'avérer utile pour représenter les objets liés à nos expériences.

Notre but est de montrer que les dessins enfantins sont suffisamment représentatifs des objets dessinés, afin de permettre de garder des traces des observations et expériences réalisées. Si

l'analyse qualitative montre les limites liées au développement de l'enfant, l'analyse quantitative nous permet d'évaluer la reconnaissance de l'objet dessiné : la forme globale proche du réel ; les éléments essentiels (quelques détails, couleurs) qui permettent d'identifier l'objet ; le soin dans les détails (matières, lumière, finesse des traits). Les constats montrent une progression entre les élèves de M3 et P1. Cette progression est peu visible dans une classe d'âge et dans le cadre de notre expérimentation (durée de l'expérience + ou - 2 mois pour chaque groupe classe). Nous constatons cependant de grandes différences individuelles.

CONCLUSION

Le fil conducteur de cette discussion est la sous-question que nous nous sommes posée au cours de cette partie de recherche : Les traces, plus particulièrement les « représentations schématisées », produites par les jeunes élèves lors de l'utilisation du « dossier d'expérience » en éveil scientifique sont-elles représentatives ?

Il est important de rappeler les limites de cette expérimentation. La population ciblée ne permet pas la généralisation des données recueillies (déjà-là ; milieu socio-culturel, effet-maître...). De même, le moment de l'année lors duquel nous avons mené cette recherche peut influencer les résultats recueillis (premier trimestre en P1 et dernier trimestre en M3).

Le but n'est pas de produire des outils extraordinaires, neufs, originaux, mais de promouvoir des outils utilisables au quotidien dans la classe de sciences avec de jeunes élèves. Pour ce faire, et dans cette partie de recherche qui concerne les représentations schématisées, nous nous sommes fixé un cadre de besoins. Ce cadre concerne la représentativité des objets dessinés, afin qu'ils soient reconnaissables par les auteurs, par les compagnons de classe et par l'enseignant.

En conclusion, nous pensons que les données que nous avons prélevées dans notre corpus concernant les traces iconiques sont suffisamment représentatives pour être utilisées au quotidien de la classe d'éveil scientifique avec de jeunes élèves, étant donné l'objectif de structuration des concepts que nous nous sommes fixé. Afin de valider notre interprétation, nous nous sommes posé la question de la perception des jeunes élèves sur l'utilisation de tels outils en éveil scientifique. Ceci fera partie de la partie 3 de notre recherche : comment les jeunes élèves perçoivent-ils « le dossier d'expérience » et les traces laissées dans ce support : quoi, pour quoi, comment ?

BIBLIOGRAPHIE


- Astolfi, J-P., Peterfalvi, B. & Vérin, A. (2006). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.
- Baldy, R. (2005). Dessin et développement cognitif. *Enfance*, 57(2005/1), 34-44.
DOI : 10.3917/enf.571.0034.
URL : <https://www.cairn.info/revue-enfance1-2005-1-page-34.htm>
- Calmettes, B. (2000). Les dessins d'observation dans les premières phases d'étude d'objets et de phénomènes. *Aster*, 31. <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/8759/?sequence=1>
- Charpak, G. (1996). *La main à la pâte. Les sciences à l'école primaire*. Paris : Edition Flammarion.

- Coquide, M. & Giordan, A. (2002). *L'enseignement scientifique à l'école maternelle*. Delagrave Edition. France.
- De Hosson, C. et al. (2014). *Démarches d'investigation en sciences et construction du savoir*. Hal archives ouvertes. France. <https://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/pdf/2014/02/refdp201439p30.pdf>
- De MEREDIEU, F. (1990). *Le dessin d'enfant*. Paris : Blusson Editeur.
- De Vecchi, G. & Giordan, A. (1994). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche » ?* Nice : z'éditions.
- Gardner, H. (1980-1997). *Gribouillages et dessin d'enfants*. Sprimont : Mardaga.
- Giordan, A. (1997). *L'agir et le faire*. Article. <https://www.andregiordan.com/articles/apprendre/agirrfaire.html>
- Giot B. & Quittre V. (2006). *Les activités scientifiques en classes de 3e et 4e années primaires. Aider les élèves à structurer leurs acquis*. Service général du pilotage du système éducatif FWB.
- Giot, B. & Quittre, V. (2004). *Pourquoi et comment structurer ses acquis en sciences à l'école primaire ?* Service de Pédagogie expérimentale de l'Université de Liège. Octobre 2000.
- Luquet, G.H. (1927-1991). *Le dessin enfantin. Edition 1967*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Lyonnais, E. (2009). *Le cahier de sciences au cours préparatoire de l'école primaire en France. Étude exploratoire d'un outil pour enseigner et apprendre les sciences avec des élèves de 6 à 7 ans*. Thèse de doctorat en Sciences de l'éducation. Direction de Jean-Claude REGNIER . <http://creativecommons.org/licenses/by-ncnd/2.0/fr/>
- Marée, H. (sous la direction de HEVRARD, T. et al. 2012) *Réveillez-moi les sciences. Apprendre les sciences de 2 ans 1/2 à 14 ans*. Louvain-la-Neuve : De Boeck.
- MEIRIEU, P. (1999). *Enseigner les sciences : la main à la pâte*. Paris : INRP.
- Orange, C. & Plé, E. (2000). Les sciences de 2 à 10 ans. L'entrée dans la culture scientifique. *Aster*, 31. <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8557>
- Peterfalvi, B. (1988). Outils graphiques anticipation à la tâche raisonnement. *Aster*, 6. Paris : INRP
- Portail de l'enseignement en fédération Wallonie-Bruxelles : *projets scientifiques*. http://www.enseignement.be/index.php?page=26288&navi=3080&rank_page=26288
- Portail de l'enseignement en fédération Wallonie-Bruxelles : *Socles de compétences* (2002) <http://www.enseignement.be/index.php?page=24737&navi=295>
- Rojat, D. (2013). Équipe la main à la pâte 2013. <Http://www.fondation-lamap.org/fr/page/17793/la-demarche-dinvestigation>
- Verkant, A. (2014). Centre pilote La main à la pâte du Var. Sciences et langage. http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/projet_snl/2014-Verkant.pdf
- Wallon, P. (2012). *Le dessin d'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Widlöcher , D. (1998) *L'interprétation des dessins d'enfants*. Sprimont : Mardaga.


ANNEXE 1 : DOSSIER D'EXPÉRIENCE


« Le dossier d'expérience » consiste en un dossier individuel, agrafé, de 4 pages qui reprend 4 étapes essentielles de la démarche expérimentale. Exemple dossier n°3: Oriano M3

Dossier d'expérience : 3




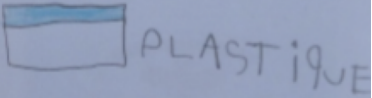
Nom : oriana
Date : mardi 17 avril
Thème : L'eau




Je me pose une question : 
« Dans quel récipient le glaçon va-t-il fondre le plus vite ? »

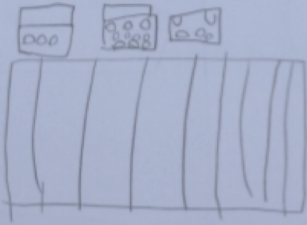
Lefebvre Letty. Dossier d'expérience M3. LMons 2018


Je pense que 


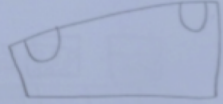
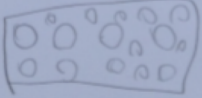


PLASTIQUE

Je réalise une expérience 



J'observe que 

- 
- 
- 

Lefebvre Letty. Dossier d'expérience M3. LMons 2018

ANNEXE 2 : GRILLE D'ANALYSE QUALITATIVE DES TRACES ICONIQUES M3/P1

Concept : représentation schématisée

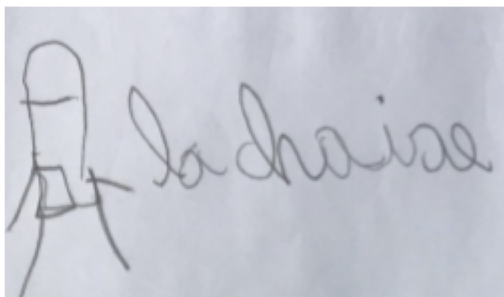
Dimensions : Espace/Grandeur/Temporelle/Affective/Cognitive/Matérielle

Bases théoriques : Luquet (1991) , Widlöcher (2002) , Gardner (1997), de Mèredieu (1990), Wallon (2012).

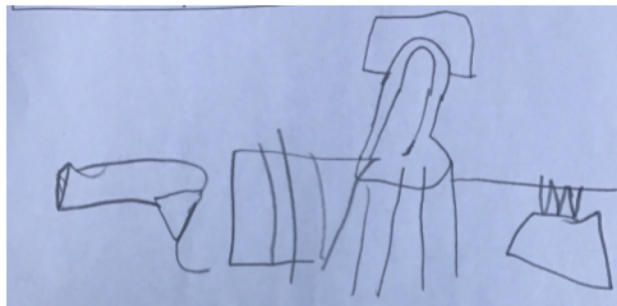
Dimensions	Indicateurs
GESTION de L'ESPACE Topologique et Euclidien	Situer sur l'espace feuille, sur l'espace dossier
	Diversité des points de vue : situer et orienter
	Perspective enfantine
	Ligne de base
	Symétrie
	Formes géométriques : régulières et non régulières
GESTION des GRANDEURS	Proportions (mêmes grandeurs ou grandeurs différentes)
	Grandeur des objets
	Nombre d'éléments présents
GESTION TEMPORELLE	Absence de dessins
GESTION AFFECTIVE	Motivation, intention représentative
	Confusion beau et clair : production artistique, décorer et enrichir
	Imaginaire : réel élargi
GESTION COGNITIVE	Reconnaissance de l'objet
	Symboles
	Forme proche du réel : dessin scientifique
	Syncrétisme ou analyse : formes globales ou détails, éléments non essentiels
	Transparence : ce qu'on ne voit pas
	Réalisme intellectuel : ce que je sais (modèle interne) pas ce que je vois (modèle visuel)
	Conception erronée
GESTION MATERIELLE ET MOTRICE	Soin
	Acte moteur : graphisme
	Utilisation du matériel adapté : crayon, couleur, gomme, règle
	Reproduction modèle culturel : copiage

ANNEXE 3 : EXEMPLES DESSINS ENFANTINS (M3 ET P1)

RABATEMENT ET PERSPECTIVE



Gabriella : Rabattement des pieds de la chaise

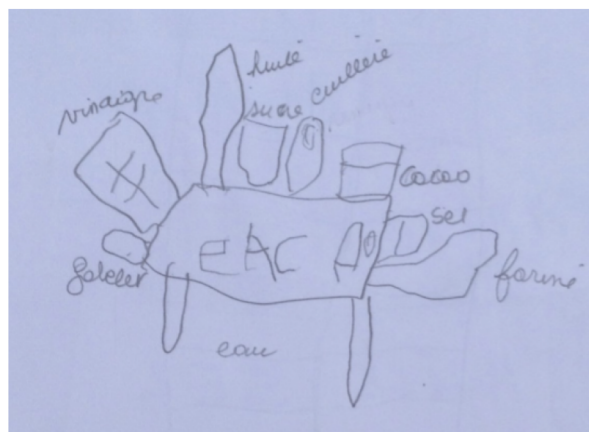


Ines : Rabattement des pieds de la chaise.

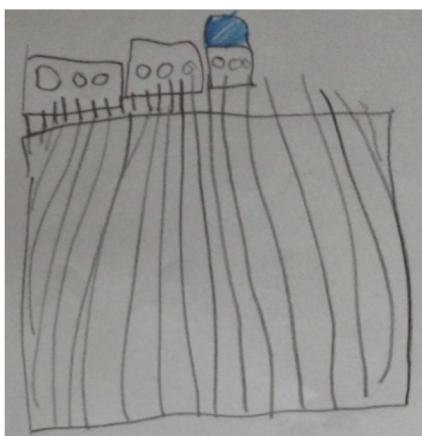
Modèle culturel : le sèche-cheveux



Clément : Rabattement des radeaux dans le bassin



Kyllian : Rabattement des ingrédients sur la table



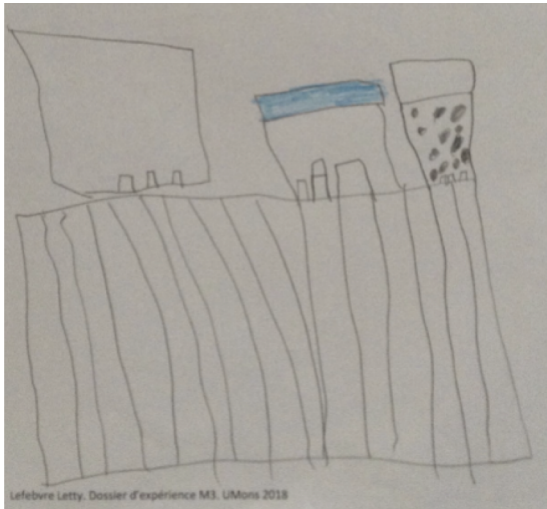
Loqmanne : perspective des lignes supérieures du radiateur



Samuel : perspective et rabattement

ANNEXE 4 : EXEMPLES DESSINS ENFANTINS (M3 ET P1)

RÉALISME INTELLECTUEL : « CE QUE JE SAIS ET NON CE QUE JE VOIS » : TRANSPARENCE, DÉTAILS



Alix : transparence : Les 3 glaçons dans les boîtes



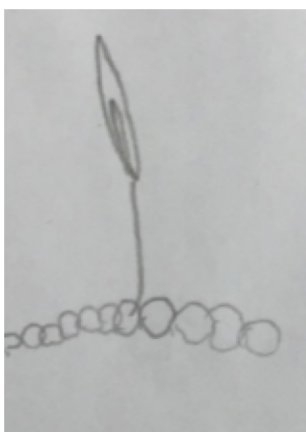
Jana-Lisa : Le détail des bouteilles (fond)



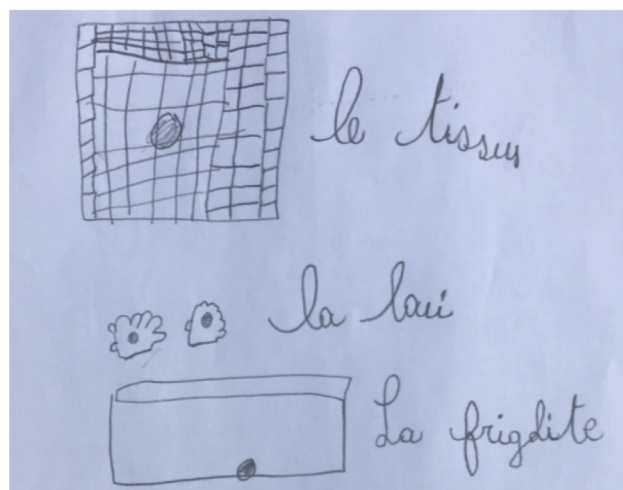
Naomie : détails sur la bouteille



Ines : les détails du radiateur



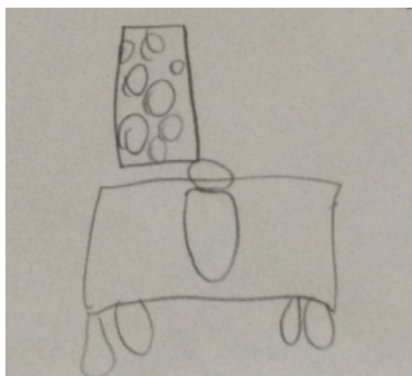
Tao : le radeau en frigolite , détails



Kyara : transparence : les glaçons dans les différentes matières

ANNEXE 5 : EXEMPLES DESSINS ENFANTINS (M3 ET P1). VISION DE L'ESPACE, FORMES,

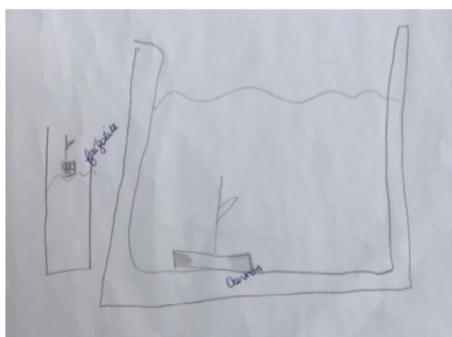
GRANDEURS



Alix : Bouteille de face/table de face et en plan/frigoite en plan



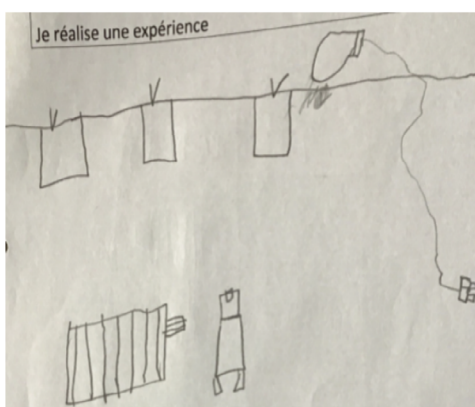
Claudia : Radeaux de profil et en plan



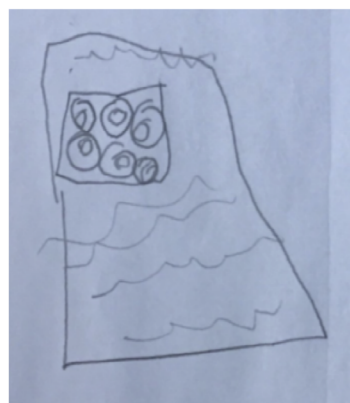
Ines : 2 bassins (identiques) de grandeurs différentes



Thomas : le flacon devant le radiateur (au lieu du dessus)



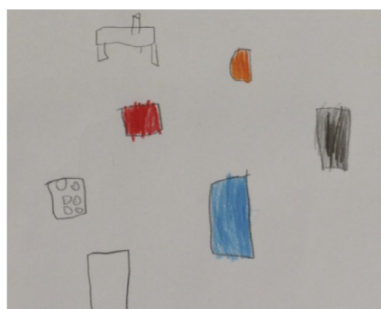
Mathys : chaise de face et en plan,



Jana-Lisa : le bassin de profil, les rondelles en plan



Lino : serviette (rectangle) couleurs de la Belgique



Léo : formes serviettes, proportions grandeurs (table et serviettes)

FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL D'ENSEIGNANTS DU PRIMAIRE AU SEIN D'UNE COMMUNAUTÉ DISCURSIVE DE PRATIQUES EN SCIENCES

Patrick Roy¹, Corinne Marlot², Denis Haan², Claudia Küll²

1 : Unité de recherche Enseignement et apprentissage des disciplines scientifiques (UR EADS)

2 : Unité de recherche Mathématiques et sciences (UR MS)

Résumé : Dans le cadre d'un projet de recherche en Suisse romande, une Communauté Discursive de Pratiques (CDP) en sciences a été mise en place afin d'engager un collectif de chercheurs didacticiens et d'enseignants dans la formulation et le traitement de problèmes d'enseignement-apprentissage sur la caractérisation du vivant au cycle 1 du primaire ; concept pour lequel les élèves témoignent d'une grande diversité de conceptions alternatives au savoir scientifique. Notre analyse du discours des enseignants produite à partir des débats d'experts menés au cours des trois dernières années, met en évidence le potentiel de cette CDP pour accompagner et actualiser le développement professionnel de ces enseignants sur l'enseignement du vivant. Les interprétations des situations de classe produites par les enseignants se caractérisent par une utilisation d'un langage hybride mobilisant un réseau cohésif d'objets bifaces, ce qui laisse présager un développement de leurs schèmes d'action à la fois au niveau des modèles cognitifs et opératifs.

Mots-clés : développement professionnel des enseignants, communauté discursive de pratiques, enseignement du vivant, schème, modèles opératifs et cognitifs

PROMOTE THE PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF PRIMARY SCHOOL TEACHERS WITHIN A DISCURSIVE COMMUNITY OF PRACTICES IN SCIENCE

Abstract : As part of a research project in French-speaking Switzerland, a Discursive Community of Practices (CDP) in science has been set up to engage a collective of didactic researchers and teachers in the formulation and treatment of teaching-learning problems on the characterization of life in cycle 1 of primary school, a concept for which pupils provide a wide diversity of alternative conceptions to scientific knowledge. Our analysis of the teachers' discourse (using a comparatist approach) produced in the expert debates conducted over the past three years highlights the potential of this CDP to support and update the professional development of these teachers on the concept of life. The interpretations of classroom situations produced by teachers are characterized by the use of a hybrid language that sometimes mobilizes a cohesive network of biface objects, which suggests that their "scheme action" develop both in terms of cognitive and operative models.

Keywords : professional development of teachers, discursive community of practice, teaching of the living, schema, operative and cognitive models

PROBLÉMATIQUE

Dans le cadre d'un projet de recherche en Suisse romande, une Communauté Discursive de Pratiques (CDP) (Marlot & Roy, sous presse) a été mise en place afin d'engager un collectif de chercheurs didacticiens et d'enseignants dans la formulation et le traitement de problèmes d'enseignement-apprentissage sur la caractérisation du vivant au cycle 1 du primaire (élèves de 4 à 7 ans). L'enseignement de ce concept inscrit au Plan d'étude romand (PER), pose de nombreux défis à l'école primaire. Les travaux de Nury, Lamarque et Caron (1996) et de Roland et Marzin (1996) ont mis en lumière plusieurs conceptions alternatives des élèves du primaire à son sujet, parmi lesquelles la formulation de « critères hégémoniques » véhiculant une conception hiérarchique des êtres vivants, la non-reconnaissance de l'unité du vivant (absence de généralisation) et l'anthropomorphisme. Ces formes de fonctionnement de la pensée enfantine constituent des obstacles épistémologiques (Bachelard, 1993; 1938) à la construction du savoir scientifique et leur dépassement nécessite d'engager les élèves dans des démarches d'enquête les conduisant à un rapport problématisé au savoir et à une entrée dans la culture scientifique (Grancher, Lhoste & Schneeberger, 2015). Mais le recours à de telles démarches en classe n'est pas une chose triviale, comme le mettent en évidence plusieurs travaux (ex. : Anderson, 2007; Barman, 2002; Calmettes, 2010; Gerking, 2003; Hayes, 2002; Marlot & Morge, 2016; Windschitl, 2004). Dans le contexte français, l'ouvrage collectif de Marlot et Morge (2016) fait état des nombreuses difficultés rencontrées par les enseignants novices et expérimentés à faire produire des idées explicatives aux élèves dans le cadre d'une investigation scientifique. Dans la phase initiale de mise en œuvre de notre CDP, un entretien d'explicitation (Martinez, 1997; Vermersch, 2019) intégrant un dispositif méthodologique de photolangage, mené auprès d'une dizaine d'enseignants du primaire, a mis en évidence que les formes d'investigation adoptées en classe par ces enseignants sur la thématique du vivant relevaient essentiellement de modalités qui maintiennent les élèves – dans le meilleur des cas – dans un registre de formulation que l'on peut assimiler à celui des objets et des événements, selon le modèle de la théorie des deux mondes (Tiberghien, 1994). Marquées par une absence d'articulation entre la problématisation et la conceptualisation, ces formes d'investigation présentent un faible potentiel pour la production de savoirs raisonnés (Orange, 2005). Ces résultats ont alimenté notre intérêt pour instaurer une CDP dont les assises conceptuelles et méthodologiques¹ sont articulées autour de quatre construits mis en relation :

1. la communauté de pratique (Wenger, 1998; Wenger, McDermott & Snyder, 2002) avec comme projet de faire en sorte qu'un collectif d'acteurs s'engage mutuellement dans une entreprise commune, en partageant un répertoire de ressources dans le but de produire des savoirs inédits pour leurs communautés respectives ;
2. l'ingénierie didactique coopérative (Ligozat & Marlot, 2016; Morales, Sensevy & Forest, 2017; Sensevy, Forest, Quilio & Morales, 2013) en tant qu'approche méthodologique visant la coélaboration de dispositifs d'enseignement et un mode coopératif pour leur mise en œuvre au cœur même des pratiques d'enseignement ordinaires des enseignants. Dans ces ingénieries coopératives, les chercheurs didacticiens « tiennent la lanterne » (Ligozat & Marlot, 2016) au sens qu'ils maîtrisent les composantes épistémique, didactique et épistémologique relatives aux savoirs à enseigner et aux savoirs pour enseigner ;
3. la communauté discursive disciplinaire scolaire (Bernié, 2002; Jaubert, Rebière & Bernié, 2004), une modélisation pensée à l'origine pour l'apprentissage scolaire-disciplinaire que nous transposons à une autre sphère, celle d'une communauté

1 Celles-ci sont développées de manière approfondie dans le texte de Marlot et Roy (soumis).

- de pratiques professionnelles impliquée dans une recherche coopérative, en insistant sur l'importance d'acclimater les enseignants à des manières spécifiques de penser, de parler et d'agir en sciences de la nature ;
4. l'objet biface (OB) (Marlot, Toullec-Théry & Daguzon, 2017; Daguzon & Marlot, 2019) en tant qu'objet langagier discursif, hybride et de nature symbolique, spécifique des collaborations qui visent la production de ressources didactiques. L'OB comporte une face qui renvoie, pour le chercheur, à un concept didactique et une autre face qui renvoie, pour le praticien, à une situation de classe qui – à terme, dans le cadre de cette CDP – va prendre pour le collectif le statut d'un exemple emblématique (Morales, Sensevy & Forest, 2017). En assurant une fonction d'interface entre les épistémologies pratiques des chercheurs et des enseignants, les OB jouent un rôle central dans la coconstruction d'un arrière-plan commun entre ces acteurs dont les langages spécifiques ne sont pas à priori solubles l'un dans l'autre (Olson, 1997).

Au terme de cette problématique, nous formulons une question de recherche que nous préciserons une fois le cadre conceptuel posé : quel est le potentiel de la CDP sur le développement professionnel d'enseignants du primaire au regard de l'enseignement des sciences et du vivant en particulier ?

CADRE CONCEPTUEL

Le développement professionnel des enseignants en sciences étant l'objet principal de cette étude, nous adoptons une approche comparatiste (Mercier, Schubauer-Leoni & Sensevy, 2002) pour fonder un cadre conceptuel mobilisant des construits de la didactique des sciences et de la didactique professionnelle. Les premiers construits concernent : 1) l'entrée des jeunes élèves dans une culture scientifique par le passage d'une pensée quotidienne à une pensée scientifique ou celui d'une démarche de familiarisation pratique à une démarche d'investigation (Coquidé, 2007) ou encore par l'évolution du statut des objets en classe de sciences (Bisault & Rebiffé, 2011) ; 2) les modèles sous-jacents à l'apprentissage des sciences comme le processus de problématisation (Orange, 2005) et la théorie des deux mondes (Tiberghien, 1994) ; 3) les formes de transposition didactique de la démarche scientifique (Cariou, 2015; Hasni & Samson, 2008).

Quant aux construits de la didactique professionnelle, ils concernent essentiellement le concept de schème et les modèles cognitifs et opératifs qui lui sont associés. En particulier, nous nous référons à une hypothèse générale de la didactique professionnelle qui stipule que « l'activité humaine est organisée sous forme de schèmes, dont le noyau central est constitué de concepts pragmatiques. » (Pastré, Mayen, & Vergnaud, 2006, p. 1). Ce concept est fondamental parce qu'il véhicule l'idée sous-jacente de développer chez les enseignants un plus grand pouvoir d'agir sur le réel et de se transformer professionnellement. Nous considérons que toute situation didactique faisant l'objet d'une investigation au sein d'un collectif s'inscrit toujours dans une classe de situations plus large que l'on peut associer à un schème. Ainsi, les significations² attribuées à ces situations par les cher-

² Nous faisons une distinction, comme le fait Vygotski dans le dernier chapitre de son ouvrage *Pensée et langage*, entre « sens » et « signification » : « l'individu ajoute à la signification du mot entendu les expériences diverses qu'il peut avoir associées à ce mot ou à cet énoncé, au point de lui donner un sens différent de la signification conventionnelle de la langue » (Pastré *et al.*, 2006, p. 6).

cheurs et par les enseignants entre eux, peuvent revêtir à la fois d'un caractère individuel et partagé : individuel en ce sens que la signification attribuée à une situation par un acteur est tributaire de son épistémologie pratique, de ses connaissances, etc. ; partagé en ce sens que les acteurs d'une communauté sont en mesure de produire des significations partagées d'une même situation en s'appuyant sur un système cohésif d'OB lors d'un moment de coanalyse, par exemple.

De ce fait, nous pouvons dégager trois conséquences liées au fonctionnement particulier de notre CDP. La première conséquence réside dans la nécessité de faire en sorte que les acteurs du collectif puissent débattre sur une variété de situations de classe en référence aux concepts didactiques introduits dans la CDP et ce, afin qu'ils puissent élargir la classe de situations à laquelle font référence leurs schèmes initiaux. La seconde conséquence qui découle de la première est que la compréhension d'un concept didactique quelconque par un acteur de la communauté, sera d'autant plus grande si celui-ci témoigne de sa capacité à exemplifier ce concept par une variété de situations appartenant à une même classe de situations. Enfin, la troisième conséquence est que la compréhension d'une situation sera d'autant plus grande si cet acteur est capable de produire des interprétations cohérentes de celle-ci en s'appuyant sur un système cohésif d'OB, plutôt que sur un ensemble de concepts didactiques isolés. Nous rendons compte du développement professionnel des enseignants, dans une perspective développementale qui prend en compte le système cohésif d'OB (Daguzon & Marlot, 2019). Pour ce faire, nous observons l'activité de l'enseignant au sein de sa « structure conceptuelle » en mettant la focale sur les modèles cognitif et opératif mobilisés et/ou élaborés par l'/les enseignant.s. Le modèle cognitif « désigne la représentation qu'un sujet se fait d'un domaine en termes d'objets, de propriétés et de relations, indépendamment de toute action de transformation portant sur ce domaine » alors que le modèle opératif « désigne la représentation que se fait un sujet d'une situation dans laquelle il est engagé pour la transformer » (Pastré *et al.*, 2006, p. 15). Ces modèles se concrétisent par des concepts-en-acte qui consistent en des tentatives de concrétisation des concepts didactiques supportées par des logiques individuelles et par des théorèmes-en-acte qui consistent en des propositions tenues pour vraies au regard de ces concepts. Nous considérons qu'il y a développement professionnel d'un enseignant si ses schèmes sur l'enseignement des sciences (et du vivant en particulier) sont marqués par une évolution, à la fois au niveau du modèle cognitif et du modèle opératif. Au terme de ce cadre conceptuel, nous reformulons notre question de recherche comme suit : quel est le potentiel de la CDP sur le développement des schèmes des enseignants relatifs à leurs modèles cognitif et opératif pour l'enseignement des sciences en général et du vivant en particulier ?

MÉTHODOLOGIE

L'APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE GÉNÉRALE DE RECHERCHE

L'approche méthodologique générale de recherche se concrétise à travers la mise en œuvre de la CDP. Le point de départ de ce dispositif est la cosituation d'un problème d'enseignement-apprentissage qui consiste en une cristallisation des préoccupations des chercheurs didacticiens et des enseignants (phase 1), lesquelles sont associées explicitement à des OB pour les rendre opératoires didactiquement (phase 2). Dès lors, ces OB servent d'appui à la coconstruction d'un cahier des charges comportant des règles de conception sur l'enseignement des sciences en général et sur celui du vivant en particulier. Ce cahier, par les règles de conception négociées qu'il comporte, sert d'appui à la coconstruction du problème, puis à la conception et reconception de séquences d'enseignement, tout en laissant place aux initiatives individuelles des en-

seignants dans la manière d'opérationnaliser leur enseignement (phases 3A et 3B). Il évoluera autant de fois que le dispositif sera réitéré. Une fois les séquences d'enseignement mises en œuvre en classe (phase 4), celles-ci font l'objet d'une coanalyse dans le cadre de débats d'experts, sous la forme d'un entretien d'explicitation (Martinez, 1997; Vermersch, 2019) ou d'un entretien d'autoconfrontation croisée (Clot, Faïta, Fernandez & Scheller, 2000; Faïta & Vieira, 2003) (phase 5). En référence aux préoccupations communes et aux concepts didactiques retenus, les chercheurs didacticiens sélectionnent des épisodes vidéos significatifs de situations de classe et conduisent un débat d'experts avec les enseignants. C'est à ce moment que nous entrons dans un autre régime de description de l'action enseignante, celui de la modélisation, qui permet de fournir une traduction à visée compréhensive et abstractive dans le langage des modèles (en termes de phénomènes d'enseignement-apprentissage) de ce qui s'est dit dans le langage naturel de l'action (en termes des faits observés) (Daguzon & Marlot, 2019).

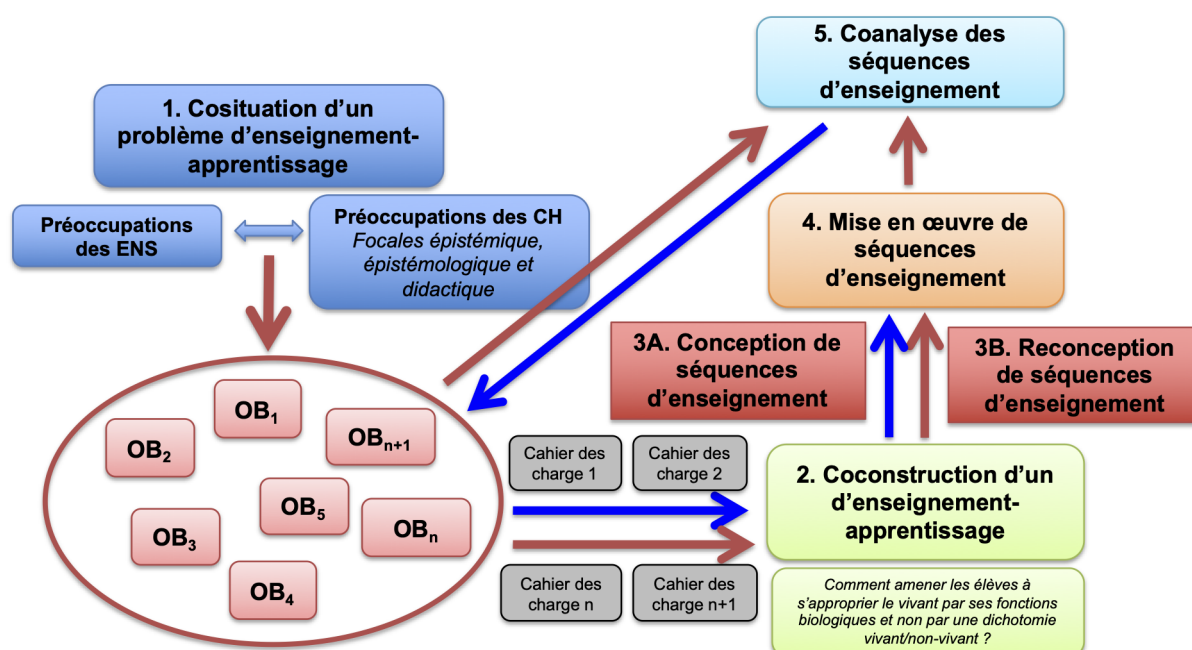


Figure 1. : Modélisation du fonctionnement de la CDP avec le système cohésif d'OB
La méthode de collecte et d'analyse des données relative à la question du développement professionnel au sein de la CDP

Les données ont été collectées essentiellement à partir de deux sources : 1) un entretien d'explicitation (Martinez, 1997; Vermersch, 2019) intégrant un dispositif méthodologique de photolangage, mené auprès d'une dizaine d'enseignants dans la phase initiale de cosituation d'un problème d'enseignement-apprentissage sur le vivant ; 2) des entretiens d'autoconfrontation croisée (Clot *et al.*, 2000; Faïta & Vieira, 2003), au nombre de quatre, menés dans le cadre de débats d'experts dans la phase de coanalyse de séquences d'enseignement au cours des trois années. Ces entretiens ont fait l'objet d'une transcription intégrale. La préparation des débats d'experts s'est faite sous notre responsabilité en s'appuyant sur l'évolution des cahiers des charges coconstruits au sein de la CDP. Dans le dernier débat d'experts mené en juin 2019, nous avons mis la focale sur deux préoccupations communes et récurrentes chez les enseignants de

la CDP : la mise en place de rituels en classe propres à l'activité (du) scientifique et l'utilisation de systèmes de représentation de grandeurs et de mesures. Quant à la méthode d'analyse des données, elle a consisté en une analyse de contenu thématique (Bardin, 2007) au moyen d'une grille d'analyse à 4 dimensions, construite par les quatre chercheurs auteurs de ce texte et dont la validation est en cours : préoccupations communes, thèmes développés, concepts didactiques mobilisés (parmi ceux mobilisés tout au long du fonctionnement de la CDP) et exemple d'une situation de classe associée à un ou des concepts didactiques, ou inversement. À ces dimensions, nous avons ajouté la manifestation d'éléments d'un modèle cognitif ou d'un modèle opératif. De manière spécifique, notre méthode de collecte et d'analyse des données s'opérationnalise en 4 étapes décrites dans le tableau 1. Des indications supplémentaires sont fournies dans les annexes.

Étapes	Processus
-1- Identification de préoccupations communes	<ul style="list-style-type: none"> • Identification de préoccupations communes chercheurs-enseignants à partir du cahier des charges 2, celui élaboré pour la coconstruction de la séquence 2 (tableau 1 en annexe)
-2- Réalisation d'un montage vidéo pour préparer un débat d'experts	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse didactique à gros grain par les chercheurs pour repérer l'expression des préoccupations communes récurrentes dans les enregistrements vidéos des pratiques de classe de 3 enseignants filmés à l'année 2 (environ 15 séances) : rituels caractéristiques de l'activité scientifique et systèmes de représentation des grandeurs et mesures (tableau 2 en annexe) • Réalisation d'un montage vidéo par les chercheurs à partir d'extraits significatifs de ces préoccupations en vue de conduire un débat d'experts dans le cadre d'un entretien d'autoconfrontation croisée post séquence 2 (AACC) (à partir du tableau 2)
-3- Mise en œuvre du débat d'experts, recueil et analyse de données	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre du débat d'experts • Réalisation de transcriptions de l'entretien d'autoconfrontation croisée post séquence 2 • Analyse de contenu thématique sur le corpus au moyen de la grille d'analyse à 4 dimensions en repérant les objets bifaces sur la base des concepts mobilisés en lien avec des situations de classe repérées par les enseignants et/ou les chercheurs, et en recourant à un découpage en épisodes (tableau 3 en annexe)
-4- Production de résultats sur les modèles opératifs des enseignants	<ul style="list-style-type: none"> • Production de résultats sur les modèles cognitifs et opératifs des enseignants pour illustrer les modalités de construction progressive de systèmes cohésifs d'objets bifaces • Caractérisation du développement professionnel des enseignants du point de vue de la construction de l'espace interprétatif partagé de significations (tableau 4 en annexe)

Tableau 1 : Aperçu de la méthode de collecte et d'analyse des données

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Nos analyses préliminaires, réalisées sur le débat d'experts de juin 2019 au regard de la préoccupation commune relative aux rituels caractéristiques de l'activité scientifique, mettent en évidence la construction d'un espace partagé de significations entre chercheurs et enseignants sur certaines composantes épistémiques, épistémologiques et didactiques relatives aux savoirs à enseigner et aux savoirs pour enseigner. Au regard de cette préoccupation de métier, nous avons observé que, dans le fil des interactions et en appui sur certains des concepts mis en œuvre dans la communauté, les enseignants vont accorder un nouveau statut et identifier plusieurs fonctions inédites à certains objets matériels du milieu didactique, en particulier ceux de la mallette du petit chercheur : la loupe, le cadre, le cahier du chercheur, etc. Ainsi, les coanalyses des situations de classe produites par le collectif et relatives aux objets matériels de cette mallette montrent que ceux-ci, au-delà d'un simple signal qui indique aux élèves un ancrage disciplinaire scientifique, permettent de (1) construire un capital d'expériences partagées entre les acteurs de la classe ; (2) donner du sens à l'activité scientifique et à faire en sorte que les élèves puissent se recentrer sur cette activité ; (3) faciliter le passage entre le monde empirique et le monde conceptuel. La coanalyse a également mis l'accent sur le fait que les objets de cette mallette pourraient jouer une fonction de démocratisation sociale, en ce sens qu'ils garantissent une activité scientifique inclusive, c'est-à-dire une activité pouvant être réalisée par tous les élèves de la classe, indépendamment de leurs caractéristiques individuelles. Enfin, et au regard de ces conclusions, le collectif s'est entendu sur le fait que la mallette du petit chercheur contribuerait à favoriser l'entrée des jeunes élèves dans la culture scientifique.

Ainsi, nous voyons que plusieurs épisodes du débat d'experts portent sur des tentatives d'interprétation, de la part des enseignants, de situations de classe au moyen des concepts didactiques retenus et mobilisés par le collectif. Si ces interprétations se caractérisent par des interactions langagières relevant d'un langage hybride dont les significations sont à mi-chemin entre la signification commune et la signification scientifique, elles mobilisent souvent plusieurs concepts didactiques connectés les uns aux autres au sein d'un réseau cohésif. Enfin, nous avons relevé que ces interactions langagières jouent parfois un rôle majeur dans la préfiguration de certains concepts didactiques. Par exemple, à un moment du débat, des interactions langagières portant sur les rôles et responsabilités de l'enseignant et des élèves dans des phases de la démarche d'investigation scientifique, ont permis aux chercheurs d'introduire un concept important de l'approche comparatiste en didactique : la topogénèse. Ces résultats laissent présager un développement des schèmes d'action des enseignants, à la fois au niveau des modèles cognitifs et opératifs.

À l'avenir, les analyses portant sur d'autres préoccupations retenues par le collectif, par exemple celle des systèmes de représentation des grandeurs et mesures, devront cependant être menées afin de se prononcer avec plus de certitude sur les effets que peuvent produire la CDP sur l'évolution des modèles cognitifs et opératifs des enseignants et donc, sur le développement professionnel des enseignants dans ce champ de connaissances spécifique. Dans les mois à venir, nous engagerons plutôt nos efforts sur un enjeu méthodologique important qu'est celui de la caractérisation des interactions langagières chercheurs-enseignants au sein de la CDP, au moyen d'indicateurs observables qui rendent compte clairement de l'évolution des modèles cognitifs et opératifs des enseignants. Dans ce travail collectif chercheurs-enseignants, l'espace interprétatif partagé de significations constitue le moyen et non la fin de la CDP : nos premiers résultats montrent que c'est la construction progressive d'un réseau cohésif d'objets bifaces qui permet l'émergence de cet espace interprétatif partagé (annexe 4).

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, R. D. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In S. K. Abell & N. Lederman (Éd.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 807–830
- Bachelard, G. (1993). *La formation de l'esprit scientifique : contribution d'une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris : Vrin (1re éd. 1938).
- Bardin, L. (2007). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses universitaires de France.
- Barman, C. R. (2002). Guest Editorial: How do you define inquiry. *Science and Children*, 40(2), 8–9.
- Bernié, J.-P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de « communauté discursive » : un apport à la didactique comparée ? *Revue française de pédagogie*, 141, 77–88.
- Bisault, J. & Rebiffé, C. (2011). Découverte du monde et interactions langagières à l'école maternelle : construire ensemble un objet d'investigation scientifique. *Carrefours de l'éducation*, 3, 13–28.
- Calmettes, B. (2010). Analyse pragmatique de pratiques ordinaires, rapport pragmatique à l'enseigner. Étude de cas : des enseignants experts, en démarche d'investigation en physique. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 2, 235–272.
- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en Éducation*, 21, 12-33.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G. & Scheller, L. (2000). Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (2-1).
- Coquidé, M. (2007). Quels contenus de formation pour enseigner à l'école maternelle ? L'exemple de la formation à l'activité « faire découvrir la nature et les objets ». *Recherche et formation*, 55, 75–92.
- Daguzon, M. & Marlot, C. (2019). Co-enseignement et ingénierie coopérative : les conditions d'un développement professionnel. *Éducation & Didactique*, 13(2), 9-30.
- Faïta, D. & Vieira, M. (2003). Réflexions méthodologiques sur l'autoconfrontation croisée. *DELTA: Documentação de Estudos em Lingüística Teórica e Aplicada*, 19(1), 123–154.
- Gerking, J. (2003). A vocal inquiry. *The Science Teacher*, 70(4), 8.
- Grancher, C., Lhoste, Y. & Schneeberger, P. (2015). Construire une conception scientifique du vivant avec des élèves de 5-7 ans : approche didactique pour mieux comprendre les processus d'apprentissage et les enjeux développementaux. *SHS Web of Conferences*, 21, 03004. EDP Sciences.
- Hasni, A. & Samson, G. (2008). Développer les compétences en gardant le cap sur les savoirs. Deuxième partie : la diversité des démarches à caractère scientifique et leurs liens avec les savoirs disciplinaires. *Spectre*, 37(3), 22-25.
- Hayes, M. T. (2002). Elementary preservice teachers' struggles to define inquiry-based science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 13(2), 147–165.
- Jaubert, M., Rebière, M. & Bernié, J.-P. (2004). Significations et développement : quelles « communautés ». In C. H. Moro & R. Rickenmann (Éd.), *Situation éducative et significations*. Bruxelles, Belgique : De Boeck Université. pp. 85-104
- Ligozat, F. & Marlot, C. (2016). Un espace interprétatif partagé entre l'enseignant

- et le didacticien est-il possible ? Développement de séquences d'enseignement scientifique à Genève et en France. In F. Ligozat, M. Charmillot & A. Muller (Éd.), *Le partage des savoirs dans les processus de recherche en éducation*. Bruxelles, Belgique : De Boeck Supérieur. pp. 143–164
- Marlot, C. & Roy, P. (sous presse). La Communauté Discursive de Pratiques : un dispositif de conception coopérative de ressources didactiques orienté par la recherche (COR). *Formation et pratiques d'enseignement en questions*.
- Marlot, C. & Morge, L. (2016). *L'investigation scientifique et technologique. Comprendre les difficultés de mise en oeuvre pour mieux les réduire*. France : Presses Universitaires de Rennes.
- Marlot, C., Toullec-Théry, M. & Daguzon, M. (2017). Processus de co-construction et rôle de l'objet biface en recherche collaborative. *Phronesis*, 6(1), 21–34.
- Martinez, C. (1997). L'entretien d'explicitation comme instrument de recueil de données. *Explicititer*, 20, 1–7.
- Mercier, A., Schubauer-Leoni, M. L. & Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue française de pédagogie*, 141(1), 5–16.
- Morales, G., Sensevy, G. & Forest, D. (2017). About cooperative engineering: theory and emblematic examples. *Educational Action Research*, 25(1), 128–139.
- Nury, D., Lamarque, J. & Caron, P. (1996). Essai de caractérisation des représentations du vivant chez des élèves du cours préparatoire. *Didaskalia*, 9, 157–172.
- Olson, M. (1997). Collaborating: An epistemological shift. In H. Christiansen, L. Goulet, C. Krentz & M. Maeers (Éd.), *Recreating relationships: Collaboration and educational reform*. New York, NY: State University of New York (SUNY), pp. 13–25
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les sciences de l'éducation-pour l'ère nouvelle*, 38(3), 69–94.
- Pastré, P., Mayen, P. & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 154, 145–198.
- Rolland, A. & Marzin, P. (1996). Étude des critères du concept de vie chez des élèves de sixième. *Didaskalia*, 9, 57–82.
- Sensevy, G., Forest, D., Quilio, S. & Morales, G. (2013). Cooperative engineering as a specific design-based research. *ZDM*, 45(7), 1031–1043.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and instruction*, 4(1), 71–87.
- Vermersch, P. (2019). *L'entretien d'explicitation*. Paris: ESF Sciences Humaines.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: learning, meaning, and identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Wenger, E., McDermott, R. A. & Snyder, W. (2002). *Cultivating communities of practice: A guide to managing knowledge*. Cambridge, MA: Harvard Business Press.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of "inquiry:" How preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481–512.

Orientations didactiques générales (relées à l'enseignement scientifique)	Orientations didactiques spécifiques (relées à l'enseignement du vivant)
<ul style="list-style-type: none"> ● Passer de la familiarisation pratique à l'investigation scientifique : ➢ en faisant adopter aux élèves la posture de chercheur ➢ Expliciter les étapes de la DS par l'utilisation du cahier de chercheur ➢ Favoriser les retours sur les étapes de la DS à l'aide du cahier de chercheur pour insister sur le cheminement de la pensée ➢ METTRE EN PLACE DES RITUELS caractéristiques de l'activité scientifique ● Adopter une perspective curriculaire 1-4 en jouant sur les niveaux de formulation et l'explicitation différenciée des étapes de la DS ● Établir des relations multiples entre le monde du vécu et le monde des connaissances 	<ul style="list-style-type: none"> ● Appréhender la notion de vivant par les fonctions biologiques : nutrition, croissance, reproduction, etc., et par l'échange d'information (rôle des 5 sens) ➢ MODÉLISATION : systèmes de représentation des grandeurs et des mesures ● Reconnaître le végétal comme être vivant ● Éviter la dichotomie vivant/non vivant ● Prendre en considération les conceptions initiales des élèves et les obstacles liés au vivant ● en évitant les conceptions uniquement basées sur l'imagination ● Pour construire le référent empirique, multiplier ou diversifier les exemples d'espèces végétales et animales qui seront étudiés en parallèle.
<p>Certains éléments seront retenus par les enseignants, d'autres non, pour la construction des séquences</p>	

TABLEAU 1

CAHIER DES CHARGES

ANNÉE 1 → ANNÉE 2

S2 Sa_9 novembre 2018	
PRÉOCCUPATION	CONCEPTS
Rituels caractéristiques de l'activité scientifique	Démarche scientifique (construire les faits) Familiarisation pratique
Systèmes de représentation des grandeurs et mesure, de la durée. Appréciation des aspects qualitatifs et quantitatifs	Modélisation Mesure de la taille
EXTRAITS – temps - contenu	
0'50 : retour sur la valise de chercheur 3'41 → 4'36 le rôle du cahier de chercheur Ce que mettent les chercheurs dans leurs cahiers : des photos, des textes pour se souvenir de ce qu'ils ont fait dans la recherche. 22'14 → 22'26 les mesures de taille : la toise de la classe	
	
S3 Sa_16 novembre 2018	
PRÉOCCUPATION	CONCEPTS
Rituels caractéristiques de l'activité scientifique	Acculturation scientifique : pensée scientifique
Systèmes de représentation des grandeurs et mesure, de la durée. Appréciation des aspects qualitatifs et quantitatifs	Familiarisation pratique Démarche scientifique Démarche scientifique
EXTRAITS – temps - contenu	
CF2 0 → 3'46 : rituel de la valise du chercheur Retour sur les objets. Caractéristique de l'activité + retour sur la question « les signes qui montrent que j'ai grandi » Le vendredi c'est le jour de la recherche CF1_0 → 7'19 : la mesure de la taille des enfants Construire des faits CF2 2'26 → 10'18 cahier de chercheur pour « décrire ce que l'on fait » CF2 8'30 → 10'18 la nécessité de faire la preuve en sciences Proposition de protocole expérimental « ça, se sont vos idées à vous. Mais est-ce que vous avez raison ? » « peut-être que vous avez raison, mais il faut que vous me le montriez. » (8'35 -> 9'25) CF2 24'08 → 26'30 idée d'Élias Comparer 3 mesures à des âges différents CF1_0 → 7'19 : la mesure de la taille des enfants + critères de rigueur : on ne triche pas, met les pieds contre le mur P donne la taille en cm + utilisation d'un code couleur et des dates (injection de la temporalité). Les élvs vivent une véritable expérience « depuis la dernière fois, j'ai grandi	
	
TABLEAU 2	

TABLEAU 3

3 thématiques

- Le rôle des objets de la valise du chercheur
- La construction de la preuve
- Rituels de la valise et autonomie des élèves

Grisé : éléments de la situation de classe

Concepts didactiques connus

FP : Familiarisation pratique

RE : Référent empirique

TDM : Théorie des deux mondes

DIS : Démarche d'investigation scientifique (articulation problématisation-conceptualisation)

PQS : Passage de la pensée quotidienne à la pensée scientifique

Concepts didactiques apparus

***MIL** : OBJET du milieu didactique

***Milieu didactique**

***TOPO** : Topogénèse

Ben en sortant les différents objets on voit que les élèves connaissent déjà la mallette du chercheur. / Qu'ils connaissent l'utilité des objets et puis qu'ils les utilisent spontanément. En allant avec la loupe pour regarder au tableau.

Ça c'est / c'est clair. On voit Sullivan il fait l'andouille mais n'empêche qu'il prend la loupe pour aller regarder de près.

Ouais. Donc je pense que ça fait partie du ***référent empirique** / lié à tout ce qui est du domaine du chercheur et qui a été construit ensemble par la classe.

INTERACTION			
Contenu	Thématique Analyse didactique	Concepts	Situation
Tdp 48 ⇒ 102 L'inventaire des objets de la mallette Loupe, bottes, cahier de chercheur, blouse, lunettes	THEMATIQUE 1 Caractéristique de l'activité scientifique usage/ utilité des objets de la valise (mode de pensée)	SAM (53) Donc je pense que ça fait partie du *référent empirique / lié à tout ce qui est du domaine du chercheur et qui a été construit ensemble par la classe.	La loupe/ Interaction Sullivan et Mamadou
			Éléments d'analyse du syst d'OB
			Référent Empirique/loupe ENS description ⇒ fonction /usage) CH (60) la loupe et les lunettes. / Comment est-ce que pour des petits enfants du coup ça peut devenir caractéristique de l'activité du chercheur ? /
			Analyse dev professionnel Schèmes- modèle opératif

ANNEXE 4

ENTRETIEN AUTOCONFRONTATION CROISÉE : Temps (27' à 38')

	Épisode 1 Tour de parole (Tdp) 51 à 60	Épisode 2 Tdp 63 à 70	Épisode 3 Tdp 70 à 77	Épisode 4 Tdp 78 à 82	Épisode 5 Tdp 83 à 86	Épisode 6 Tdp 86 à 88	Épisode 7 Tdp 88 à 92	Épisode 8 Tdp 93 à 99
THÉMATIQUE 1 rôle des objets de la valise du chercheur								
Situation de référence	E1a Exemple exemplaire (EE) loupe Sullivan & Mamadou	E1b EE observation des plantes avec lunette et loupe	E1b	Montée en généralité : les objets de la valise du chercheur	E1b	E1b	E1b	E1a
Concept didactique	Référent empirique (RE) sam 53	Mode de pensée flor 64	Manière de penser flor 76-77	Mode de pensée flor 82	Idee de l'évolution du statut des objets du milieu mar 86	Du monde quotidien au monde scientifique Sam 88	Démarche scientifique à l'école Flor 92	Idee de la réduction des inégalités scolaires Mar 93
Objet Biface	Référent Empirique/ loupe	Mode de pensée/ lunette- loupe				Théorie des 2 mondes/ loupe		
Modèle opératif	Rôle des objets de la valise : construire un capital d'expériences partagées			Rôle des objets de la valise : Recentrer	Évolution du sens au travers de l'usage des objets . Rôle des objets de la valise : donner du sens	Rôle des objets de la valise : passage d'un monde à l'autre	Rôle des objets de la valise : donner du sens en rendant l'élève acteur	Rôle des objets de la valise : fonction sociale (construction de significations partagées)

TABLEAU 4

Acteur et tclp	Verbatim
Sam 53	Ouais. Donc je pense que ça fait partie du *réfèrent empirique / lié à tout ce qui est du domaine du chercheur et qui a été construit ensemble par la classe.
Flor 63 et 64	Ouais quand les enfants ont compris qu'on faisait ça avec et puis en les utilisant et en pratiquant ben / on dérive sur / pas l'utilisation mais l'utilité. Et puis le mode de pensée qui va avec
Flor 76-77	Ouais cette légitimité hein. Ils sont investis d'un rôle et le rôle il est porté par des objets je pense qu'on a défini ce que c'était qu'un rôle aussi. C'était / C'était la manière de penser d'un chercheur qui va chercher à prouver. On a une loupe c'est justement parce qu'on va aller regarder les choses de près
Flor 82	Avec la valise enfin on est dans ce mode de pensée aussi. Parce que les enfants peuvent aussi partir dans leur imaginaire. Enfin voilà après ça se / ça recentre
Mar 86	Mais quand je fais cet atelier où ils devaient ouvrir leur cahier et qu'ils se sont vraiment habillés en chercheurs / ils ont été avec la loupe voir si quelque chose était sorti de cette terre qu'ils avaient arrosé. Avec du (...) ou avec / voilà. Ils étaient vraiment comme si on revenait sur ce qu'on avait donné au départ et qui donnait de nouveau du sens.
Sam 88	CH1 87 : Tout à fait. C'est-à-dire qu'on est revenu sur quelque chose au départ la loupe c'était un objet un peu emblématique symbolique. Et puis à un moment donné ça devient un objet utile. Enfin je veux dire ça permet d'observer de près. Sam 88 : (...) pour passer d'un monde à l'autre.
Flo 92	Ce qui permettait aussi de passer d'être passif à de devenir actif parce que la loupe devient ah ben quand on fait des recherches et qu'on devient chercheur ils trouvent des idées mais après ils vérifient leurs idées.
Mar 93	Le fait que finalement il y avait ces objets ça / faisait partie de ce qu'on avait dit avant de la motivation et puis ça libérait / Comme quand tu utilises les (...) à l'école ça libère de la peur en se disant il n'y a pas de regards. / De toute façon on va tous pouvoir mettre la blouse

FORMER PAR LE JEU

LE DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES ENSEIGNANTES À TRAVERS UN ESCAPE GAME

Anne-Amandine Decroix¹, Albine Courdent²

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR) - Site web
Université d'Artois, Université de Cergy-Pontoise, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne
(UPEC), Université de Rouen, Université Paris VII - Paris Diderot

2 : Laboratoire de la Barrière Hémato Encéphalique (LBHE)
Faculté des Sciences Jean Perrin, Lens

Résumé : Les pédagogies basées sur l'usage de Learning Games sont en plein essor. Elles sont en effet susceptibles de solliciter la motivation des apprenants et de leur permettre de développer des savoirs et des savoirs faire à l'occasion d'immersions dans des situations d'apprentissage complexes. Nous nous demandons dans cette étude dans quelle mesure certains paramètres d'un Escape Game peuvent faciliter l'implication d'enseignants en formation. Nous chercherons donc à identifier les conditions d'appropriation de ces formations et les appuis qu'elle peuvent constituer pour le développer les compétences professionnelles.

Mots-clés : escape game, sciences expérimentales, formation des enseignants.

TRAINING BY GAMING

TEACHER'S SKILLS DEVELOPPEMENT THROUGH AN ESCAPE GAME

Abstract : Learning games are more and more frequently used in pedagogical situations. These games are indeed able to motivate learners and to allow them to develop knowledge and abilities when confronted with complex learning environments. or consolidate specific knowledge and skills. We shall question in which ways some parameters of an Escape Game can facilitate the involvement of teachers in the training. We will therefore try to identify the conditions of appropriation of these trainings and the suport they can provide for the development of professional skills.

Keywords : escape game, experimental sciences, teacher training

INTRODUCTION

Les pédagogies basées sur l'usage des jeux sérieux se développent de plus en plus. Ces jeux sérieux, ou serious games, peuvent être envisagés comme des outils de formation, de communication, de simulation, au service de personnes souhaitant acquérir de nouvelles connaissances ou compétences, en associant des principes du jeu et des finalités utilitaires (Djaouti & Rampoux, 2015). La construction de scénarios permet alors de conduire au développement de savoirs et de compétences (Galaup et al. 2014 ; Alvarez et al ; 2016) en stimulant l'attractivité (Vermeulen, 2016), en immergeant les apprenants dans des environnements porteurs où le contenu à apprendre est « habillé » avec une histoire que les usagers du dispositif sont invités à « habiter » (Leclercq et al., 2016). Un premier travail de recherche (Courdent A., Decroix, AA., 2019) a consisté à explorer la manière avec laquelle des enseignants percevaient leur participation à un escape game concernant les apprentissages scientifiques à l'école comme outil de leur propre formation. Nous chercherons ici dans quelle mesure certains paramètres d'un escape game à contenus scientifiques peuvent faciliter l'implication en formation d'un public spécifique d'adultes apprenants. Nous posons comme première hypothèse que l'escape game favorise l'investissement du public ciblé, constitué d'enseignants directeurs d'écoles en formation, quand il stimule les intérêts personnels des enseignants, entendus comme autres que strictement professionnels, quand il crée un effet positif sur la personne, au-delà du métier. Notre deuxième hypothèse propose que les enseignants s'impliquent d'autant plus qu'ils y trouvent des appuis pour développer leur compétences professionnelles et des usages pour leurs pratiques de classe.

CADRES THÉORIQUES ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

De nombreuses recherches ont interrogé le modèle d'enseignement-apprentissage des sciences, dit « d'investigation-structuration » impliquant la mise en œuvre d'activités de découverte, de résolution de problèmes et de structuration des connaissances (Astolfi et al., 1998). Parmi les modalités propices à l'articulation des ces activités, les escape games peuvent apparaître comme des propositions permettant d'immerger les apprenants dans des situations où ils seront confrontés à des énigmes à résoudre. Le franchissement d'obstacles nécessitera la recherche de différentes ressources, la mise en place de stratégies. (Vermeulen et al., 2018). L'atout mis en avant par les concepteurs d'escape games réside dans la forme motivante et impliquante des situations proposées qui entraîne les participants dans la découverte de connaissances et la mise en œuvre de raisonnements. La recherche présentée prend appui sur les travaux qui ont interrogé les facteurs de la motivation d'adultes à apprendre, définie comme le désir spécifique d'un individu de se saisir du contenu d'une formation dans la perspective d'un transfert dans le cadre de son travail (Noe, 1986). Parmi les paramètres susceptibles de motiver les enseignants à s'impliquer dans une situation de formation sous forme d'escape games, nous avons été amenés à examiner les conditions de transférabilité des formations étudiées par Lauzier et Denis (2016), en particulier, l'importance des apports de connaissances, de l'utilité perçue, du sentiment de compétences.

ELABORATION DE L'ESCAPE GAME

Un escape game d'une durée approximative de quarante minutes a été élaboré. L'objectif de ce learning game est de faire développer aux directeurs d'écoles certaines compétences professionnelles et de leur donner des repères pour le transfert de cette modalité d'apprentissage dans leur école. À la suite de la réalisation d'une première version d'Escape Game pour

la formation initiale et continue en sciences, nous avons mis en place un univers dans lequel le contexte d'exercice du métier est perceptible. Nous avons créé des activités où les participants peuvent choisir leur atelier en fonction de leur envie et de leur proximité spontanée avec le sujet traité (différents champs des sciences physiques et de la vie) ou en fonction des modalités proposées : recours à l'expérimentation ; à des documents de formes variées ; à des manipulations de classement ; à des raisonnements. Les situations proposées sont des situations concrètes incitant à un travail collaboratif facilitateur de résolution et qui sont utiles par rapport au contexte professionnel, puisque ciblés sur le programme scolaire (programme de sciences expérimentales et technologies des cycles 2 et 3). Ces situations sont réalisées dans une salle de classe, avec du matériel accessible, favorisant la prise de conscience de processus d'apprentissage. Nous avons également fait en sorte de mettre en place certaines conditions de transfert des acquisitions de la formation, non seulement pour la mise en œuvre avec des élèves, relativement aux objectifs pointés par les programmes, mais aussi concernant les compétences professionnelles des enseignants, avec une visée d'interaction avec les collègues, de questionnement des supports d'enseignement et de modalités d'apprentissage, d'adaptation à la diversité des élèves. Le scénario de l'escape game ainsi que le plan du jeu sont développés en annexe 1.

MATÉRIAUX DE RECHERCHE ET TRAITEMENT DES DONNÉES

Vingt-quatre directeurs d'une même circonscription du Nord de la France ont participé à l'escape game. Ils enseignent tous au moins à mi-temps dans leur école et depuis plusieurs années (25 ans en moyenne). Le corpus est constitué par un questionnaire auquel répondent les directeurs, à l'issue de la séance d'escape game (annexe 2). Ce questionnaire interroge ce que les formés ont appris à l'occasion de cet escape game et qui renvoie aux compétences professionnelles (BOEN n° 13 du 26 mars 2015), aux connaissances disciplinaires abordées en sciences à l'école élémentaire (BOEN n° 11 du 26 novembre 2015) et aux démarches scientifiques et stratégies d'investigation mises en place. Les interactions signifiantes dans le groupe sont aussi questionnées, ainsi que les potentialités d'usage, connaissances ou aptitudes développées, les paramètres de l'engagement, de la motivation. À partir de l'ensemble des éléments identifiés, le transfert en classe de cet escape game est abordé. Les réponses données aux questions, sous forme d'échelle d'importance, permettent d'identifier les aspects que les directeurs d'école ont relevés de façon prioritaire. Une analyse quantitative, par le logiciel d'analyse lexicométrique Iramuteq, a fourni une représentation sous forme d'un « nuage de mots » montrant les mots les plus fréquemment utilisés par les enseignants lors des réponses libres au questionnaire.

RÉSULTATS ET ANALYSE

LE MOTEUR DE L'ENGAGEMENT

Les réponses aux questions posées concernant l'engagement dans la quête, font apparaître majoritairement les axes suivants : le fait de ne pas être seul pour chercher, l'ambiance de la fiction, les manipulations proposées sont mises en évidence à 96 % par les enseignants ; puis la curiosité engendrée par les énigmes et l'intrigue elle-même (92 %) ; l'envie de réussir (89 %), l'amusement (87 %) ; les découvertes des situations transférables dans l'école (83 %) ; le plaisir de découvrir quelque chose de neuf (79 %) ; les émotions ressenties (67 %). Le rôle du plaisir dans l'engagement est conforté par l'analyse des réponses personnelles au questionnaire qui montre que les directeurs ont vécu positivement ce jeu sérieux : ils sont « contents que nous

ayons réussi » ; « motivée pour la classe » ou « en même temps détendu », « satisfait et avec l'envie de recommencer ». L'analyse lexicométrique du questionnaire visualise ces aspects par les nuages de mots ci-dessous (figure 1).



Figure 1. : Analyse lexicométrique du questionnaire

En ce qui concerne les ressources mises à disposition dans le jeu, et que les enseignants ont activées afin de progresser dans la quête, c'est l'aide des pairs et le soutien matériel qui sont apparus en priorité (mentionnés par 96 % des enseignants), puis le secours de la manipulation et l'usage de documents en réponse à un besoin à 79 %. Les réponses libres font apparaître que pouvoir choisir certains ateliers ou en confier certains aux collègues, a contribué à une ambiance de travail sereine et a favorisé la motivation des participants. Ces aspects indiquent que l'autodétermination dont ont fait preuve les enseignants en décidant de répartir l'attribution des ateliers, leur a permis de s'engager pleinement. Les recherches de Deci et Ryan (2002) ont montré en ce sens que l'autodétermination constitue un facteur fort de motivation à s'engager.

LES CONNAISSANCES ET COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES

En ce qui concerne ce qu'ils ont retenu de l'escape game, dans leur expression libre écrite représentée par le nuage de mots ci-dessous (figure 2), les enseignants indiquent avoir appris ou développé les aptitudes à la manipulation et avoir solidifié leur confiance dans leurs capacités de raisonnement scientifique (67 %). 63 % indiquent que l'escape game leur a permis d'apprendre des choses qu'ils n'auraient jamais cru pouvoir apprendre ou comprendre. L'organisation en groupe, le fait de travailler et réfléchir ensemble, l'entraide, ont été significativement



signalés comme des moteurs de leur implication et de leur réussite.

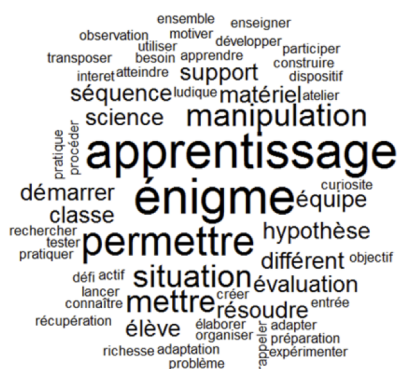
Figure 2. : Nuage de mots regroupant les déclarations des enseignants sur ce qu'ils ont retenu.

Certains directeurs ont reconnu avoir développé certaines compétences telles que : coopérer au sein d'une équipe (96 %) ; organiser et assurer un mode de fonctionnement du groupe favorisant l'apprentissage et la socialisation des élèves (92 %) ; construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves (88 %) ; maîtriser les savoirs disciplinaires et leur didactique (83 %) ; connaître les élèves et les processus d'apprentissage (75 %) et maîtriser la langue française dans le cadre de son enseignement et à des fins de communication (71 %).

Ainsi, les propos relevés mettent en évidence l'acquisition de connaissances et la sollicitation de celles-ci lors de raisonnements ou de mises en œuvre de stratégies. Les apports de connaissances lors d'une formation ont été signalés comme nécessaires et facilitateurs de l'implication tant qu'ils pourront être convoqués dans les pratiques professionnelles (Tardif, 1992), ce qui apparaît être le cas ici, dans la connexion aux compétences professionnelles.

TRANSFERT DE L'ESCAPE GAME DANS LES CLASSES

Au travers de leur expression libre dans le questionnaire, la plupart des directeurs évoque l'intérêt d'un escape game pour la classe et envisage un transfert d'au moins une partie de ce qui a été vécu. Comme l'indique le nuage de mots ci-dessous (figure 3), l'apprentissage des élèves à travers les énigmes proposées a été mis en exergue dans la perspective d'une mise en œuvre de l'escape game en classe. Les directeurs déclarent envisager ces situations de type escape game en réponse à leur recherche de mises en contextes de différentes des situations scolaires habituelles, dans une approche plus ludique. Leur immersion en tant qu'adultes apprenants dans des situations analogues à celles qui pourraient être mises en place en classe, leur fait se saisir



de la congruence entre situation de formation et situation d'enseignement.

Figure 3. : Nuage de mots regroupant les déclarations des enseignants sur un transfert éventuel de l'escape game

DISCUSSION, CONCLUSION, PERSPECTIVES

Dans le cadre de notre première hypothèse, les résultats montrent que les enseignants se déclarent impliqués quand la situation de formation entre en écho avec leur sensibilité personnelle ; quand elle enclenche un effet positif non strictement lié à des aspects professionnels.

En effet, les enseignants déclarent trouver un certain plaisir dans la stimulation de leur curiosité, ils s'amuse de l'ambiance et de l'environnement créé dans la fiction et ils sont sensibles aux

émotions déclenchées par l'univers de l'écape game. Ces aspects, relevant d'une dynamique intérieure et personnelle, correspondent à la part de motivation intrinsèque des enseignants qui, selon Deci et Ryan (1985), est la plus efficace pour générer l'implication dans des activités d'apprentissage ou de formation.

De plus, il a été montré que l'estime de soi est un aspect important des processus adaptatifs, dont les processus d'apprentissages (Duclos, 2004). Celle-ci permet à l'apprenant de prendre confiance en ses capacités, de se lancer dans la nouveauté. Nous avons, en ce sens, pu constater que l'écape game a permis aux enseignants d'accroître l'estime d'eux-mêmes quand ils ont déclaré être contents d'avoir réussi, d'autant plus qu'ils ne pensaient pas y arriver. Ils ont, en effet, perçu positivement le jeu quand ils se sont aperçus qu'ils étaient capables d'exploiter les ressources mises à disposition et les activités proposées.

Notre deuxième hypothèse propose que les enseignants s'impliquent d'autant plus qu'ils trouvent dans l'écape game des appuis pour développer leurs compétences professionnelles et des usages pour leurs pratiques de classe.

Les enseignants ont pointé qu'à partir des manipulations, des recherches documentaires, de l'entraide entre collègues, ils ont pu développer des compétences de l'ordre de la compréhension des mécanismes d'apprentissages, de la maîtrise des savoirs et des démarches permettant de les construire, ainsi que de la coopération au sein d'une équipe. Le développement de ces compétences professionnelles tout au long du jeu a permis l'accroissement de leur sentiment d'efficacité personnelle. Celui-ci fait référence aux croyances qu'entretient l'apprenant à l'égard de ses capacités à réussir une tâche particulière (Bandura, 1997). Ainsi que l'indiquent les travaux menés à ce propos, quand ce sentiment croît, il incite les apprenants à s'investir et, plus la perception du niveau d'auto-efficacité augmente, plus la mise en pratique par les apprenants a de chances de se réaliser.

Le lien fort à l'utilité perçue de ce qui est appris dans les situations professionnelles est considéré comme un facteur d'implication. C'est en estimant que les notions présentées dans le cadre de la formation lui seront utiles (Chiaburu & Lindsay, 2008) et lui permettront de mieux faire son travail (Burke & Hutchins, 2007) que l'apprenant s'engage dans les situations de formation proposées. L'analyse des données sur la transférabilité en classe a montré que les démarches vécues par les enseignants dans une analogie à ce qui est envisageable avec les élèves, les ont fait adhérer à cette situation de formation en répondant à leur attente de rénovations de pratiques scolaires.

En ce qui concerne les suites de ce travail, il est envisagé de suivre le transfert de l'écape game dans les classes des enseignants ayant participé. Parmi les conditions de transférabilité d'une formation (Lauzier & Denis 2016), nous avons pu identifier la perception qu'ont eu les enseignants d'un accroissement du sentiment de compétences. Il sera intéressant d'observer, dans les pratiques effectives en classe, l'actualisation de ces compétences en situation. Des entretiens avec les enseignants permettront de questionner leurs voies d'appropriations des nouvelles pratiques et le lien qu'ils réalisent avec le développement de leur professionnalité enseignante. Un autre facteur de transférabilité est celui de l'appui de la hiérarchie et des collègues. Cet appui significatif a été marqué dès la demande de formation par l'IEN de circonscription. Reste à questionner dans le quotidien des pratiques, la perception de ce soutien et ses incidences sur les initiatives.

BIBLIOGRAPHIE

- Alvarez, J., Djaouti, D. & Rampnoux, O. (2016). *Apprendre avec les Serious Games ?* Réseau Canopé.
- Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B. & Vérin, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: Exercise of control*. New York: Freeman.
- Burke, L. & Hutchins, H. (2007). Training transfer: An integrative literature review. *Human resource development review*, 6, 263-296.
- Chiaburu, D. & Lindsay, D. (2008). Can do or will do? The importance of self-efficacy and instrumentality for training transfer. *Human Resource Development International*, 11, 199-206.
- Courdent, A. & Decroix, A. A. (2019). *Un escape game comme outil de formation des enseignants*. Colloque Telling Sciences, 15-17 mai 2019 Angoulême, France.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York : Plenum Press.
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (2002). *Handbook of self-determination research*. Rochester : University of Rochester Press.
- Djaouti, D. & Rampnoux O. (2015). *Serious gaming, serious diverting, serious modding : définitions et concepts*. Colloque international-Formation des Adultes, 03-04-05 juin 2015, Université de Lille 1, Laboratoire Trigone CIREL, 59655 Ville-neuve d'Ascq, France.
- Duclos, G. (2004). *L'estime de soi, un passeport pour la vie*. Montréal : Éditions de l'hôpital Sainte-Justine.
- Galaup, M. & Amade-Escot, C. (2014). Évaluer les usages didactiques d'un serious game à partir de l'analyse de l'action conjointe : le cas Mecagenius. *STICEF*, 21,
- Lauzier, M. & Denis, D. (2016). *Accroître le transfert des apprentissages : vers de nouvelles connaissances, pratiques et expériences*. Sainte-Foy, QC: Presses de l'Université du Québec.
- Leclercq G., Libessart A., Alvarez J. & Petit, L. (2016). *Transmettre et apprendre avec des jeux dits sérieux*. Congrès AREF, 04-07 juillet 2016, Mons, Belgique.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique: l'apport de la psychologie cognitive*. Montréal : Éditions Logiques.
- Vermeulen, M. (2016). Un modèle formel de jeux sérieux de type étude de cas pour l'enseignement supérieur : le modèle DISCO. *Actes des 6èmes Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH*. Montpellier, France.
- Vermeulen, M., Guigon, G., Mandran, N. & Labat, J.M. (2017). L'enseignant au cœur de la conception de learning games : le modèle DISC. *Actes de l'EIAH 2017 - 8ème Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Juin 2017, Strasbourg.
- Vermeulen, M., Mandran, N., Labat, J.-M. & Guigon, G. (2018). Vers une approche Meta-Design des Learning Games avec le modèle DISC : de la conception à l'analyse des traces d'usage des étudiants par les enseignants. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 25 (1). ATIEF : Strasbourg.

ANNEXE 1 : LE SCÉNARIO DE L'ESCAPE GAME ET LE PLAN DU JEU

LE SCÉNARIO DE L'ESCAPE GAME

LES PERSONNAGES

Le professeur « fou », les deux collègues du professeur (maitres du jeu), l'ami(e) du chercheur qui sera joint par téléphone, un groupe d'élèves (les participants)

L'INTRIGUE

Les participants sont des élèves qui ont la chance de pouvoir visiter le laboratoire d'un grand professeur de sciences. Ils arrivent au laboratoire du professeur (la salle de classe) et entendent des cris. Les collègues du professeur sont affolés et demandent de l'aide aux participants. Les participants entrent dans le laboratoire et observent le professeur qui déplace des objets dans tous les sens (il y a un grand désordre dans la salle). Il crie, toujours en déplaçant des objets et en regardant régulièrement une boîte fermée à clé : « Au secours, au secours, ma clé a disparu, c'est une catastrophe, c'est la fin du monde, non, non, non, ce n'est pas possible, il faut la retrouver, et dire qu'ils arrivent dans une heure c'est la fin du monde, c'est la fin du monde... Peut-être que je l'ai laissé là-bas..... ». Puis il s'enfuit en courant. Restent dans la salle, les participants et les collègues du chercheur.

La date est indiquée au tableau : le 23 décembre (date proche du solstice d'hiver) avec une indication informant les participants que le ministre de la recherche vient à 14h30. Une horloge indique qu'il est 13h (midi heure solaire)

Les participants doivent remettre en ordre le laboratoire avant l'arrivée du ministre et retrouver la clé perdue par le professeur afin que celui-ci soit en mesure d'accueillir le ministre de la recherche.

Une fois le laboratoire rangé, les énigmes résolues et la clé retrouvée, le professeur revient, ouvre la boîte, en sort triomphant une vieille table logarithmique et s'écrit « merci, vous l'avez retrouvé, je vais pouvoir reprendre mes calculs ».

LES ÉNIGMES

Les différentes énigmes peuvent être résolues en parallèle. Il n'y a pas d'ordre nécessaire particulièrement pour la résolution des différentes énigmes

- Le téléphone à un ami (Astronomie)

Nous sommes le 23 décembre (la date est au tableau), il est 13h environ (donc 12h heure solaire, l'heure est affichée sur l'horloge de la salle).

Sur une des tables se trouve une pochette avec une indication « personnes à appeler en cas d'urgence ». Le professeur a plusieurs amis chercheurs. On ne peut pas leur téléphoner n'importe quand. Dans la pochette se trouve une feuille avec le nom et les recommandations particulières pour chaque professeur.

Seul un professeur peut être joint le 23 décembre vers 12h heure solaire. Cette énigme nécessite d'avoir des connaissances sur le solstice, l'inversion de saisons entre l'hémisphère nord et l'hémisphère sud, le sens de rotation de la Terre et le décalage horaire

Lorsque les joueurs ont trouvé le seul professeur que l'on peut appeler, une collègue prête son

téléphone après avoir composé le numéro. Le professeur joint ne sait pas du tout ce qu'il peut y avoir dans la boîte fermée à clé mais pense que cette dernière est sûrement dans le cryptex du professeur. Une collègue du chercheur ramène le cryptex qui est dans une boîte fermée par un cadenas à code de 4 chiffres. Il faudra donc par la suite ouvrir le cadenas, récupérer le cryptex, puis ouvrir le cryptex. C'est ce que permettront la résolution des autres énigmes.

- La densité de liquides miscibles

Quatre flacons contenant des liquides de couleur sont disséminés dans la pièce et devront être rangés du moins dense au plus dense. Les liquides ont tous une densité différente et sont miscibles. Il faut donc comparer les masses des liquides à volume égale avec la balance Roberval. La résolution de cette énigme permet d'ouvrir le cadenas de la boîte contenant le cryptex.

- Du plus petit au plus grand contenant

Certains objets disséminés dans la pièce seront à ranger du plus petit au plus grand contenant. Il y a 5 objets à classer, de contenances relativement proches (il est impossible de faire le classement à l'œil nu). Les objets classés permettent d'obtenir un premier code nécessaire à l'ouverture du cryptex.

- Du plus léger au plus lourd et fusion de l'eau

D'autres objets disséminés devront être rangés du plus léger au plus lourd. Il y a 10 objets à classer, de masses relativement proches. Deux des objets sont dans le congélateur, emprisonnés dans la glace. Il faudra donc les libérer (faire fondre la glace) avant de pouvoir comparer leurs masses avec celles des autres objets. Les objets classés permettent d'obtenir un deuxième code nécessaire à l'ouverture du cryptex. Deux stratégies sont possibles pour ranger les objets du plus léger au plus lourd :

- Comparer la masse des 10 objets deux à deux avec une balance Roberval
- Comparer la masse des objets avec celle d'un étalon (des légos, présents dans la salle) à l'aide d'une balance Roberval
- Conducteurs et Isolants et fusion de l'eau

Des objets sont à classer selon qu'ils soient conducteurs ou isolants. Un des objets est dans le congélateur, emprisonné dans la glace, il faudra donc dans un premier temps faire fondre la glace. Les participants devront réaliser un montage électrique afin de savoir si les objets sont conducteurs ou isolants. Les objets classés permettent d'obtenir un troisième code nécessaire à l'ouverture du cryptex.

- Tri des déchets

Le professeur, en cherchant sa clé, a également renversé les poubelles et mélangé les différents déchets. Le tri des déchets permet d'obtenir un quatrième code nécessaire à l'ouverture du cryptex.

- Cycle de vie des calliphoridae

Pour résoudre cette énigme, les participants devront reconnaître, à l'aide de documents, la famille des larves présentes dans la salle et déterminer leur stade de développement. La résolution de cette énigme permet d'obtenir un cinquième code nécessaire à l'ouverture du cryptex.

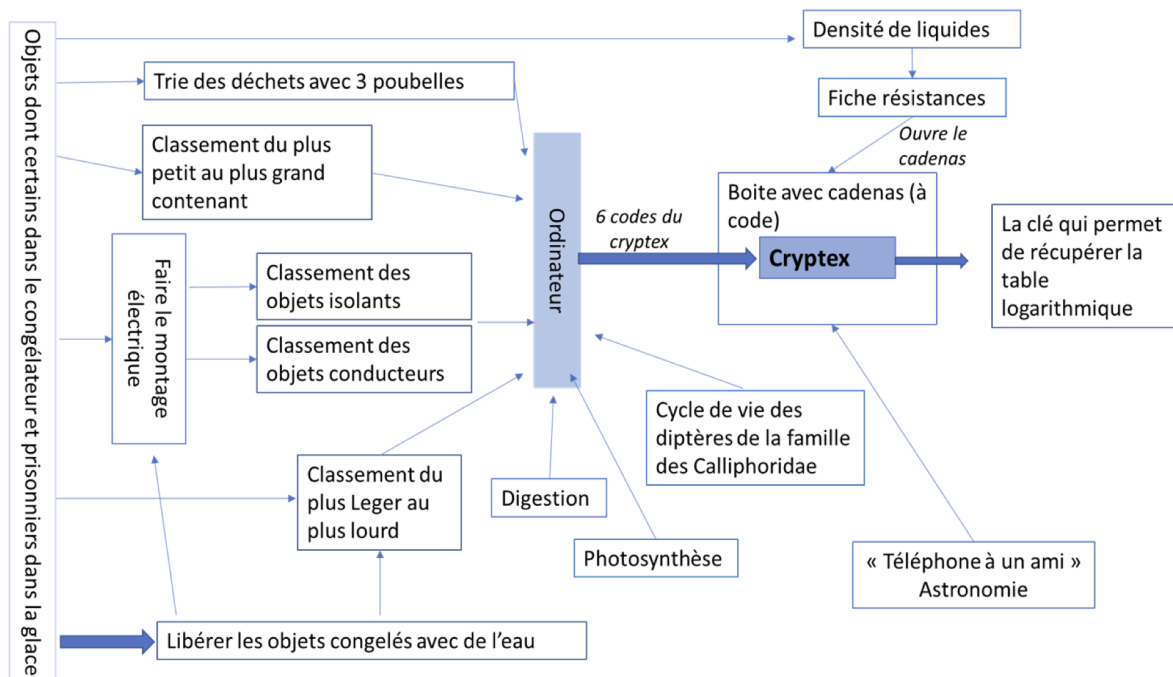
- Le mécanisme de digestion

À l'aide de documents et d'une expérience permettant de découvrir le rôle de l'amylase dans la digestion de l'amidon, les participants doivent déterminer le temps nécessaire pour que la digestion transformation de l'amidon de riz en maltose soit complète. La résolution de cette énigme permet d'obtenir un sixième code nécessaire à l'ouverture du cryptex.

- Photosynthèse

À l'aide de documents, d'un oxymètre, d'élodées du Canada immergées dans un aquarium qui peut se placer à l'abri de la lumière ou être illuminé, les élèves doivent retrouver l'équation de la photosynthèse. La résolution de l'équation permet d'obtenir le dernier code nécessaire à l'ouverture du cryptex.

Plan du jeu



ANNEXE 2 : LE QUESTIONNAIRE

Ce questionnaire regroupe deux types de questions : des questions ouvertes et des questions fermées de types « échelles » ordinales

Qu'est-ce qui a été le moteur de votre engagement dans la « quête »

Pour chacune de ces questions, les directeurs avaient des questions de type évaluation gradée avec une échelle de 1 à 4 (1 pas du tout, 4 totalement)

- le plaisir de découvrir quelque chose de neuf
- le fait de ne pas être seul pour chercher
- l'envie de réussir
- l'amusement
- l'ambiance de la fiction (le ton, les personnages, l'intrigue...)
- les manipulations proposées
- la curiosité engendrée par les énigmes
- l'intrigue elle-même
- les émotions ressenties
- les découvertes des situations transférables dans l'école

Si vous aviez à qualifier par un adjectif ou une phrase

Ces deux questions étaient des questions ouvertes

- le «ton de l'escape game »
- votre état d'esprit en sortant « Je suis...je ressens... je me sens...

Qu'est-ce qui vous a particulièrement aidé dans le jeu ?

Les questions 13 à 16 étaient des questions de type évaluation gradée avec une échelle de 1 à 4 (1 pas du tout, 4 totalement). La question 17 était une question ouverte

- aides des pairs
- soutien matériel
- usage de documents en réponse à un besoin
- secours de la manipulation
- autres (préciser

Les questions 18 et 19 étaient des questions ouvertes

- Qu'est-ce qui vous a plutôt bloqué ?
- Qu'avez-vous retenu de l'ordre des connaissances, des habiletés techniques, des méthodes, des démarches, des pratiques pour apprendre/ comprendre, etc...

Avez-vous eu l'impression d'avoir solidifié ces aspects :

Pour chacune de ces questions, les directeurs avaient des questions de type évaluation gradée avec une échelle de 1 à 4 (1 pas du tout, 4 totalement)

- l'assurance dans les manipulations
- l'utilisation de ressources internes (ce que vous saviez déjà) et externes (ce qui était mis à disposition et que vous avez sollicité)
- la confiance dans mes capacités de raisonnement scientifique (problème à résoudre, recherche d'indices, relations logiques)
- la possibilité d'apprendre des choses que je n'aurais jamais cru pouvoir apprendre/ comprendre

Parmi ces compétences professionnelles, quelles sont celles que vous avez eu l'impression de développer ?

Pour chacune de ces questions, les directeurs avaient des questions de type évaluation gradée avec une échelle de 1 à 4 (1 pas du tout, 4 totalement)

- Connaître les élèves et les processus d'apprentissage
- Maîtriser la langue française à des fins de communication
- Coopérer au sein d'une équipe
- Maîtriser les savoirs disciplinaires et leur didactique
- Maîtriser la langue française dans le cadre de son enseignement
- Construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves
- Organiser et assurer un mode de fonctionnement du groupe favorisant l'apprentissage et la socialisation des élèves
- Évaluer les progrès et les acquisitions des élèves

Comment pensez-vous pouvoir utiliser, transférer ce que vous avez appris (sur vous-même, sur les manières d'apprendre, sur les sciences) dans une approche de formation ou d'enseignement des sciences ?

Ces deux questions étaient des questions ouvertes

- Pour construire des séquences
- Pour l'élaboration d'outils, supports, mises en situation

INFLUENCE DE L'ENTRAÎNEMENT DES FONCTIONS EXÉCUTIVES SUR LA MOBILISATION DES CONCEPTIONS PREMIÈRES EN PHYSIQUE

Charly Mobergs¹, Cédric Vanhoolandt¹, Jim Plumats^{1,2}

1 : Université de Namur [Namur] (UNamur)

2 : Université catholique de Louvain (UCLouvain)

Résumé : À la lumière des recherches récentes en neuroéducation, l'entraînement des fonctions exécutives, notamment l'inhibition, permettrait d'améliorer la capacité d'un apprenant à résister à la mobilisation de ses conceptions initiales fausses lors d'un apprentissage. Nous avons entraîné, chez des élèves, ces fonctions via un test (le test WCST) et mesuré les résultats obtenus à un test de physique standardisé (le test FCI). Les résultats obtenus par les élèves ne sont pas significativement différents suivant qu'ils aient participé – ou non – à cet entraînement. Cependant, le fait d'y participer explique une partie importante de la variabilité des résultats. En outre, la progression des résultats au test de physique est significativement meilleure pour les filles que pour les garçons.

Mots-clés : conceptions initiales, inhibition, sciences physiques, neuroéducation

INFLUENCE OF THE TRAINING OF EXECUTIVE FUNCTIONS ON THE MOBILIZATION OF EARLY CONCEPTIONS IN PHYSICS

Abstract : In the light of recent research in neuroeducation, training in executive functions, for instance inhibition, would improve a learner's ability to resist the mobilization of his initial false ideas during learning. We trained these functions using a test (WCST test) and measured the results obtained in a standardized physics test (FCI test). The results obtained by the students are not significantly different according to whether they participated – or not – in this training. However participating in this explains a large part of the variability of the results. Moreover the progression in the test in physics is significantly better for girls than for boys.

Keywords : initial conceptions, inhibition, physical sciences, neuroeducation

CONTEXTE

Raisonnement de manière logique est parfois bien plus compliqué qu'il n'y paraît. Certains biais cognitifs, croyances et conceptions préalables peuvent interférer avec un raisonnement dit logique et produire des raisonnements qui sont systématiquement faux et ce, même pour des tâches simples (Evans, 1989). Cela ne signifie pas pour autant que le cerveau est incapable de fonctionner de manière correcte, mais plutôt que ces biais et ces intuitions prennent le dessus sur le raisonnement que l'on qualifie habituellement de scientifique.

C'est l'hypothèse défendue par Kahneman (2012), prix Nobel d'économie, dans son ouvrage intitulé *Système 1, Système 2*. Sur la base de nombreuses études préalables réalisées dans le champ de la psychologie cognitive, cet auteur modélise le fonctionnement du cerveau via deux systèmes de pensée qui cohabitent dans notre cerveau : le système 1, rapide, intuitif et émotionnel et le système 2, lent, réfléchi et logique. Selon lui, si certains raisonnements sont systématiquement faux, ce n'est pas que le système 2 ne fonctionne pas correctement, mais plutôt que le système 1 prend régulièrement le pas sur le système 2 en le court-circuitant.

Néanmoins, l'existence seule de ces deux systèmes ne permet pas d'expliquer comment certains experts en sciences arrivent, malgré tout, à raisonner de manière logique dans leur domaine. D'où la nécessité de supposer l'existence d'un système 3 qui jouerait, en quelque sorte, le rôle d'arbitre entre le système 1 – encore appelé système heuristique – et le système 2 – encore appelé système algorithmique (Houdé, 1997). Ce système 3 dit inhibiteur agit donc un peu à la manière d'un chef d'orchestre en donnant la parole à un système plutôt qu'à un autre, en fonction des situations (voir figure 1.). Toutefois, et malgré cette possibilité qu'offre le système 3 de sélectionner les stratégies les plus performantes, il semblerait que le système 1 soit la stratégie privilégiée par notre cerveau au détriment des raisonnements logiques. Ce système de pensée et de décision extrêmement rapide est le fruit de notre évolution cognitive et nous permet de gérer la plupart des situations quotidiennes qui ne demandent pas trop de réflexion, mais plutôt une prise de décision dans l'urgence.

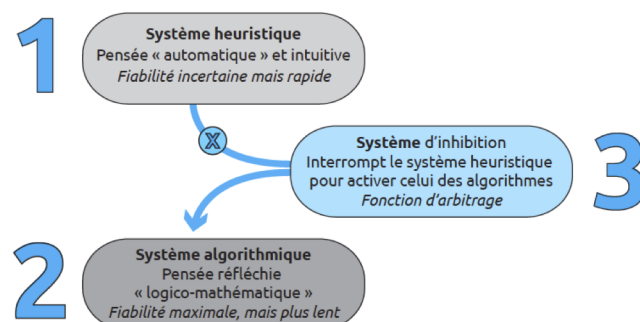


Figure 1. : Les trois systèmes cognitifs du cerveau : heuristique, algorithme exact ou logique et système inhibiteur.

Être capable d'inhiber une stratégie erronée scientifiquement, mais qui se trouve être intuitive et efficace dans la plupart des cas de la vie courante, au profit d'une stratégie correcte et fiable, mais plus lente, représente un réel défi pour tous les individus. Pour y arriver, le cerveau doit être capable de faire appel à un ensemble d'aires cérébrales différentes (système 2) que celles habituellement utilisées dans la réalisation d'une tâche particulière. C'est précisément ce qui a été observé dans une étude récente de neuroéducation (Houdé, Zago, Mellet, Moutier, Pineau,

Mazoyer & Tzourio-Mazoyer, 2000).

Dans cette étude, les chercheurs ont été capables d'observer, à l'aide de l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf), un déplacement de l'activation des aires cérébrales de la partie postérieure du cerveau, vers la partie préfrontale gauche, notamment. Ce déplacement s'opère après que des individus aient appris à raisonner de manière logique sur une tâche pour laquelle ils raisonnaient initialement de manière biaisée. De telles données de neuroimagerie permettent de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau en temps réel et plus particulièrement dans ce cas-ci, d'isoler des réseaux spécifiques à certains types de raisonnements.

Parallèlement, la recherche en didactique a montré l'existence de conceptions chez les apprenants (Tiberghien, 1997). À proprement parler, celles-ci ne sont pas une propriété des individus, mais une modélisation de leur fonctionnement pour interpréter leur raisonnement en situation d'apprentissage. Un élève donné peut, dès lors, avoir des conceptions différentes, contradictoires ou pas, correctes ou pas et celles-ci peuvent entrer en compétition (Taber, 2000). Pour que les conceptions erronées puissent être dépassées chez l'élève, il importe que celles-ci soient prises en compte dans l'enseignement (Viennot, 1996 ; 2002) de manière à ce que puissent être développées des stratégies d'enseignement plus efficace (Coppens, Rebmann & Munier, 2009).

De récentes études en neurosciences ont, par ailleurs, mis en évidence l'importance des fonctions exécutives dans l'expertise de différents domaines en sciences. Par fonctions exécutives de notre cerveau, nous entendons : la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité (Diamond, 2013).

Lorsque plusieurs conceptions sont en compétition lors de l'apprentissage et que cette interférence conceptuelle soit consciente ou pas, un effet observé est un temps de réponse plus important, tant chez les enfants que chez les élèves plus âgés, les jeunes adultes et les experts (Potvin Masson, Lafortune & Cyr, 2015). Certaines de ces interférences ont été causées par la présence de conceptions naïves telles que : les vivants sont mobiles et non-vivants immobiles (Babai, Sekal & Stavy, 2010) ; ce qui peut être versé est toujours un liquide (Babai & Amsterdamer, 2008) ; les objets plus lourds tombent plus vite [dans le vide] (Masson, 2014) ; un seul fil est suffisant pour allumer une ampoule (Brault Foisy, Potvin, Riopel & Masson, 2015), voire dans d'autres domaines scientifiques (Allaire-Duquette, 2018 ; Malenfant-Robichaud, 2017 ; Shulman & Valcarcel, 2012). Toutes ces expériences montrent que les réponses correctes sont retardées lorsque des distracteurs sont présents.

Il semble (Potvin, 2013), même après avoir accompli un changement conceptuel, que les conceptions naïves en sciences soient toujours présentes et ce, même chez les experts. La nuance entre novices et experts serait due au fait que, grâce à leurs fonctions exécutives, ces derniers soient capables d'inhiber la mobilisation de ces conceptions premières très souvent erronées et par là, capables de fournir de manière systématique un raisonnement correct. En effet, si le changement conceptuel était juste une restructuration des concepts, il ne devrait plus rester de trace des conceptions initiales après l'apprentissage, ni interférence, et donc pas de différence dans les temps de réponse entre les réponses congruentes ou non.

Le modèle du changement conceptuel dit de prévalence (Potvin, 2013) suppose ainsi la coexistence des conceptions vraies et fausses. Le processus d'apprentissage devient alors un surpasement de certaines conceptions, au détriment d'autres, considérées comme en interférence avec les buts pédagogiques identifiés. Dès lors, la production d'une réponse correcte à un pro-

blème soumis exige de l'apprenant qu'il mette en place une stratégie, plus ou moins consciente, qui lui permette de discerner entre des conceptions (ou parties de conceptions) contradictoires. Une étude récente met en lumière ce rôle des fonctions exécutives en tant que prédicteur du changement conceptuel en physique (Thibault & Potvin, 2018). Il est également à noter que d'autres chercheurs parlent aussi de médiations conceptuelles (Dawson, 2014).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre question de recherche. En quoi, un dispositif permettant d'entraîner les fonctions exécutives des apprenants leur permet d'améliorer la capacité à résister à mobiliser leurs conceptions premières fausses pour traiter des questions de physique ? Autrement dit, l'entraînement des fonctions exécutives visant à limiter l'usage de l'intuition à travers une activité qui n'a à priori rien de commun avec la physique, permet-elle d'augmenter la mise à distance des conceptions premières en physique ?

MÉTHODOLOGIE

L'étude s'est déroulée dans le cadre d'une semaine de cours propédeutique destinée à revoir les concepts de base en physique à l'université catholique de Louvain en Belgique. Le public présent est constitué initialement de 180 participants (53 % de sexe féminin et 47 % de sexe masculin) ayant en moyenne 18 ans. Tous sont diplômés de l'enseignement secondaire et se destinent à des études scientifiques. Pour des raisons d'organisation, ces étudiants ont été regroupés en sept groupes, en fonction de leur choix d'étude. Pour évaluer la mobilisation des conceptions premières fausses en mécanique chez les participants, un test standardisé, basé sur ce que les anglophones appellent des inventaires de conceptions, a été utilisé comme outil diagnostique. Le test Force Concept Inventory ou test FCI (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992) que nous avons utilisé est un exemple de tels inventaires. Il a été construit à partir de verbalisations d'élèves dont les réponses les plus populaires ont été transcrites en leurres qui prennent la forme de choix dans un questionnaire à choix multiple (QCM). La figure 2 est un exemple d'illustration d'une de ces questions.

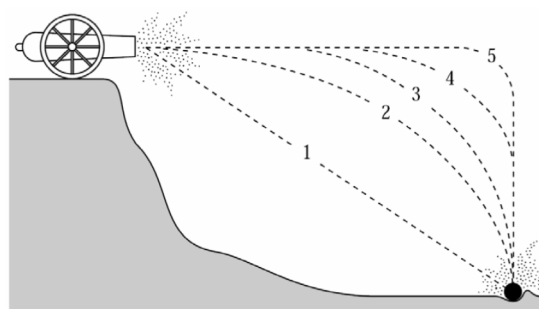


Figure 2. : Question du Force Concept Inventory (FCI) où est interrogée la trajectoire d'un boulet tiré du haut d'une falaise

Ce test a été dispensé à l'ensemble des élèves une première fois, lors d'un prétest en début de semaine et une seconde fois, à la fin de la semaine, comme post-test. Le temps donné aux élèves pour réaliser le FCI est d'une demi-heure. Entre ces deux tests, les élèves ont suivi plusieurs modules disciplinaires de physique (notamment en mécanique, mais aussi en électricité, en magnétisme, etc.).

Parallèlement à ces modules de physique, nous avons présenté à près de la moitié de la cohorte le Wisconsin Card Sorting Test (WCST) développé par les psychologues Grant et Berg (1948). Ce test, largement utilisé en neuropsychologie, permet notamment d'évaluer la flexibilité mentale d'un sujet (Steinmetz, 2011), ce qui a motivé son choix dans ce travail. Ce test consiste à associer des cartes par paire suivant différents critères tels que la couleur (p.ex. jaune), le nombre (p.ex. deux) ou la forme (p.ex. triangle) des symboles y figurant. Les élèves ne connaissant à priori pas la règle d'appariement des cartes, doivent la trouver par une stratégie d'essais et erreurs. Pour chaque appariement choisi, le test fournit un feedback positif ou négatif informant si le choix proposé est ou non correct. Si le sujet se trompe d'appariement, il est invité à faire une autre proposition, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait trouvé la règle attendue. Après un certain nombre d'appariements corrects, la règle change sans que l'élève en soit averti. Pour limiter le nombre d'erreurs d'appariement, il doit donc être capable de changer rapidement de stratégie de résolution – mesure de la flexibilité mentale – et de se retenir de répondre hâtivement suivant la règle précédente – mesure de l'inhibition. On dit ainsi qu'un individu commet une erreur de persévérance lorsqu'il se base sur le critère précédent pour répondre à une nouvelle règle d'appariement. Le nombre d'erreurs de persévérance est le principal indicateur relevé lors de l'utilisation de ce test comme diagnostic neuropsychologique.

Le WCST a été dispensé plusieurs fois au cours de la semaine propédeutique sur une partie des élèves constituant le groupe test (N = 102 ; 52 % de sexe féminin et 48 % de sexe masculin) et ce, afin de mesurer leurs capacités d'inhibition et l'évolution de celles-ci. Le groupe contrôle (N = 77) a suivi les cours propédeutiques sans participer au test WCST. Le WCST a été réalisé via l'utilisation de tablettes numériques au moyen d'une application informatique (Psych Lab 101 édité par Neurobehavioral Systems) permettant l'enregistrement des résultats. Les étudiants avaient approximativement une dizaine de minutes pour réaliser ces tests dans un local spécialement aménagé.

Notre hypothèse est que l'administration répétée du test WCST chez les élèves durant une semaine propédeutique, développe des capacités d'inhibition et que celles-ci se manifestent chez ces derniers par de meilleurs résultats au test de physique FCI.

RÉSULTATS

Pour les 30 questions du FCI, il existe une différence significative (Wilcoxon test: p-value = 0,0021) entre les moyennes obtenues par tous les élèves au prétest (M = 32 %) et au post-test (M = 45 %) comme illustré sur la figure 3. D'emblée, on peut donc se rendre compte que la semaine propédeutique a eu un effet positif – même si celui-ci reste insuffisant - quant aux résultats globaux obtenus par les élèves au test de physique FCI. On peut également remarquer que pour les différentes questions, il existe une grande variabilité dans le pourcentage de réponses correctes, tant au prétest qu'au post-test.

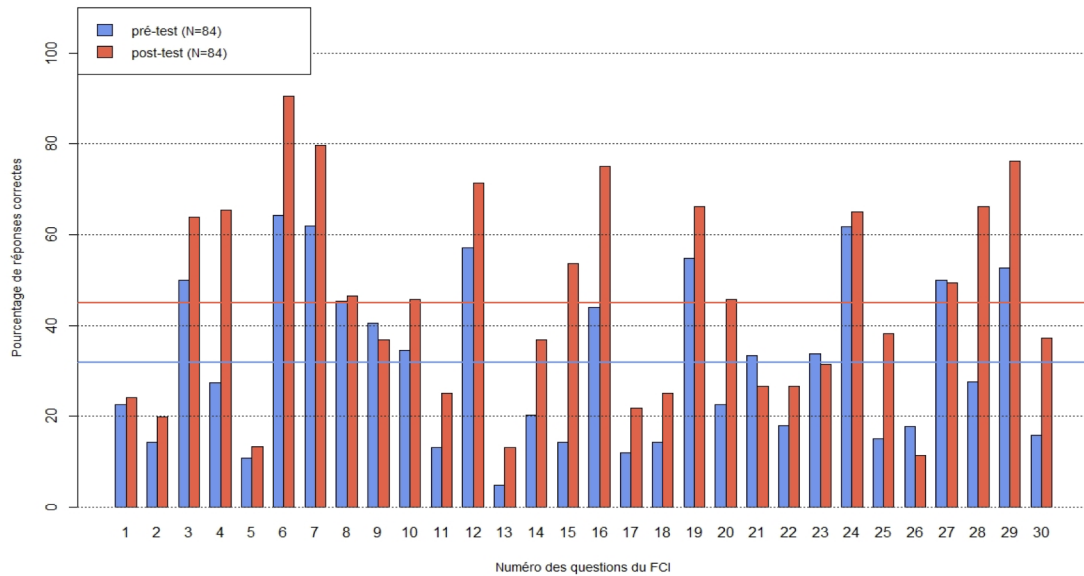


Figure 3. : Pourcentages des réponses correctes pour les 30 questions du test FCI pour le pré-test et le post-test. La moyenne des résultats est de 45 % au post-test contre 32 % au prétest.

Dans un premier temps, on compare les résultats obtenus au test FCI au prétest en fonction du genre. La moyenne est significativement plus élevée (Welch test: p-value = 0,003) chez les garçons que chez les filles (voir figure 4). Au post-test, les résultats obtenus pour les garçons et les filles ne sont pas significativement différents.

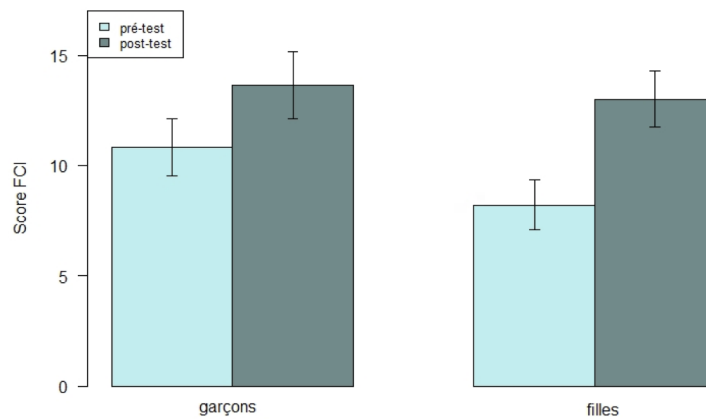


Figure 4. : Graphique représentant les moyennes (sur 30 points) du score FCI au prétest et au post-test pour les garçons et pour les filles.

La progression des résultats entre prétest et post-test est significative, tant pour les garçons que pour les filles. Cependant, les filles ont en moyenne plus progressé que les garçons. Les résultats obtenus au post-test suivant le genre et le fait que les élèves ont participé – ou pas – d’une manière répétée au test WCST sont présentés ci-dessous (figure 5.). On peut observer qu’il n’existe pas de différence significative entre les élèves ayant - ou non - participé de manière répétée au WCST et ce pour les deux genres.

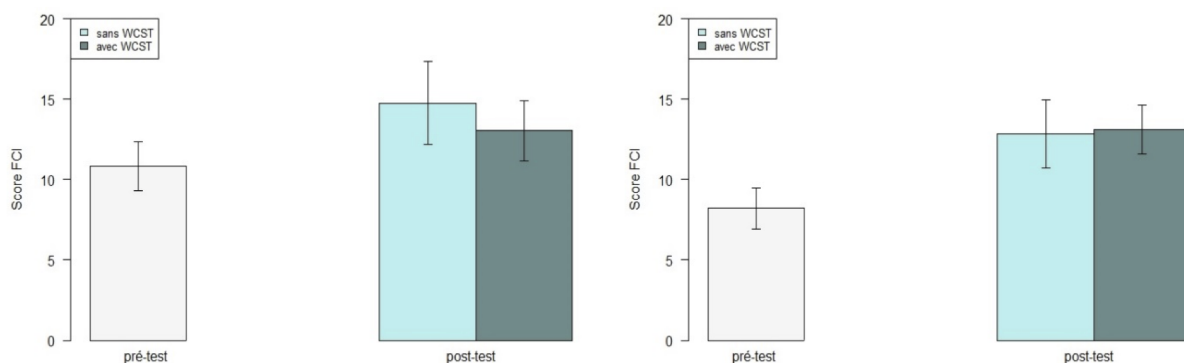


Figure 5. : Graphiques représentant les moyennes du score FCI pour les garçons (a) et pour les filles (b) suivant que les élèves ont participé – ou non – au test WCST.

Dans un second temps, nous définissons le gain au test FCI comme la différence entre les résultats obtenus au post-test et au prétest. Ce gain, qui caractérise la progression, est ici (figure 6.) très souvent positif (entre 1 % et 39 %) et quelques fois négatif.

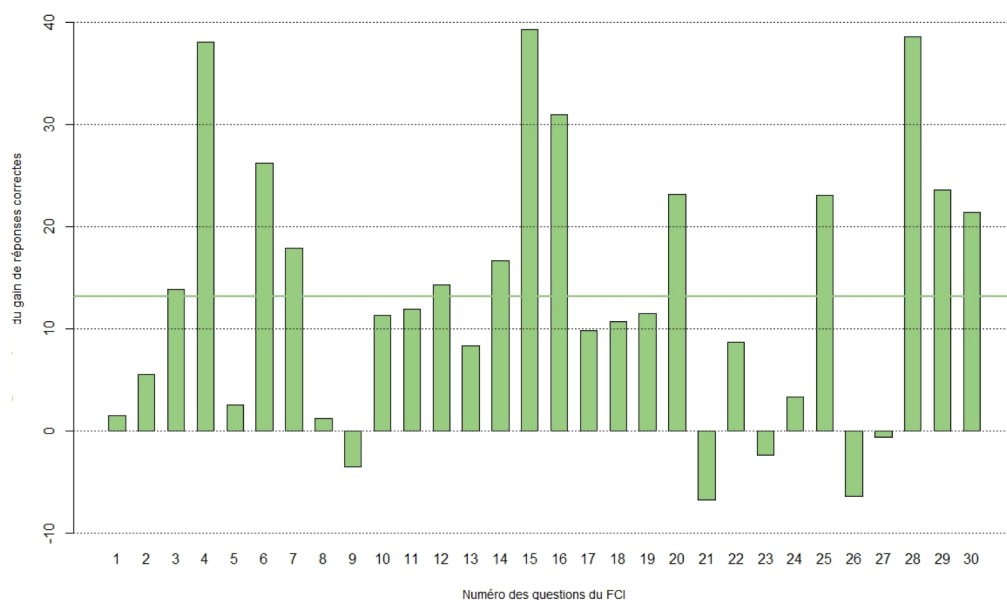


Figure 6. : Gain pour chacune des questions du FCI pour l'ensemble des élèves. Pour certaines questions (p. ex. n°4 ou n°15), le gain est proche de 40 % tandis qu'il est négatif pour quelques questions (p. ex. n°9 ou n°21).

Ce sont les questions en lien avec les concepts de la mécanique de Newton qui présentent les gains les plus élevés et particulièrement, les questions relatives à la troisième loi de Newton (jusqu'à 39 %). Quant aux questions relatives à la seconde loi de Newton, leur gain est systématiquement inférieur à 10 %. Du point de vue du modèle de prévalence, cela tend à confirmer que certaines conceptions erronées prévalent toujours et ce, même si les éléments théoriques, ici liés aux principes de Newton, ont été revus et appliqués durant la semaine propédeutique. Il pourrait être intéressant d'affiner ultérieurement l'analyse des résultats pour chacune des questions du test FCI en recherchant quelles sont les conceptions préalables erronées les plus résistantes au changement et si celui-ci est fonction du genre et/ou des capacités d'inhibition.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Au vu des résultats obtenus, deux analyses ont été réalisées. La première étudie la variabilité des résultats obtenus au post-test FCI et la seconde la variabilité du gain obtenu au test FCI et ce suivant que les élèves aient – ou non – suivi le test WCST et suivant le genre.

ANALYSE DES RÉSULTATS OBTENUS AU TEST FCI

Un modèle linéaire multivarié a été utilisé afin d'essayer d'expliquer au mieux la variabilité des résultats obtenus au post-test FCI, à partir de variables explicatives pour lesquelles nous avons opté ici, à savoir, les résultats obtenus au prétest ainsi que l'âge et le genre des élèves. De fait, il se pourrait que le niveau de compétence initial, le degré de maturité (âge) et le genre puissent influencer les résultats obtenus au post-test.

La variabilité expliquée par ce modèle est mesurée par un coefficient de régression R caractérisant la variabilité des résultats au test FCI à partir des variables explicatives choisies. Les modèles présentés ci-dessous sont ceux possédant le coefficient R le plus élevé à partir des variables explicatives à disposition.

Un premier modèle présente une valeur $R = 0,53$ pour l'ensemble de la cohorte présente aux pré et post-tests avec $N = 84$ (la réduction du nombre d'élèves présents s'explique ici par le fait que le post-test n'était pas obligatoire). Les variables explicatives utilisées dans ce modèle sont le résultat obtenu par les élèves au prétest ($p < 0,001$) et le genre ($p < 0,05$).

Plus le résultat au prétest est élevé, plus le score au post-test est important. Enfin, pour des élèves du même âge et ayant un même score au prétest, les résultats obtenus par les filles au post-test sont significativement meilleurs ($p < 0,05$) que ceux obtenus par les garçons. Ce modèle est cohérent avec les observations présentées à la figure 4. En effet, pour un même score au prétest, les filles ont plus progressé en moyenne que les garçons et ont obtenu un score au post-test plus élevé.

Un second modèle linéaire du même type que le précédent a été élaboré pour les élèves ayant participé au test WCST ($N = 44$). L'objectif est, cette fois, de tester si les variables explicatives liées au passage du test WCST permettent d'expliquer la variabilité du post-test FCI. Le coefficient de régression $R = 0,68$ est ici plus élevé que pour le premier modèle, ce qui montre la pertinence de cette variable explicative. On note ainsi un effet significatif de l'âge ($p = 0,007$) : les élèves les plus âgés ont obtenu en moyenne de moins bons résultats au post-test que les plus jeunes. Néanmoins, 80 % des élèves ont entre 17 et 18 ans, ce dernier résultat est donc à relativiser.

Finalement, on observe le même effet sur le genre que dans le modèle précédent, mais ce dernier n'est pas significatif à un seuil de 5 % ($p = 0,07$). La taille de l'échantillon réduite ($N = 44$) par rapport au modèle précédent ($N = 84$) pourrait l'expliquer.

ANALYSE DES GAINS OBTENUS AU TEST FCI

À nouveau, un modèle linéaire multivarié a été utilisé afin d'essayer d'expliquer au mieux la variabilité du gain au test FCI à partir de variables explicatives à disposition telles que l'âge, le genre et les résultats obtenus au prétest. La variabilité expliquée par ce modèle est à nouveau mesurée par un coefficient de régression R caractérisant la variabilité du gain au test FCI à partir

des variables explicatives choisies. Les modèles présentés ci-dessous sont ceux possédant le coefficient R le plus élevé à partir des variables explicatives à disposition.

Un premier modèle présente une valeur $R = 0,58$ pour l'ensemble de la cohorte présente aux pré et post-tests ($N = 84$). Les variables explicatives utilisées dans ce modèle sont le score obtenu par les élèves au post-test ($p < 0,001$) et le genre ($p < 0,001$). D'une manière très significative, plus le score au prétest est élevé et plus le gain est grand. Enfin, le gain au test FCI est significativement plus important chez les filles que chez les garçons.

Un second modèle linéaire du même type a été élaboré pour les élèves ayant participé au test WCST ($N = 44$). L'objectif est, cette fois, de tester si les variables explicatives liées au passage du test WCST permettent d'expliquer la variabilité du gain au test FCI.

Le coefficient de régression $R = 0,61$ apparaît ici plus élevé que le pour le premier modèle. On y retrouve encore un effet significatif du genre, le gain au test FCI est significativement meilleur chez les filles ($p = 0,018$). Il y a également un effet de l'âge ($p = 0,007$) : les élèves les plus jeunes ont mieux progressé en moyenne que les plus âgés. La moyenne du gain pour les filles n'ayant pas participé au test WCST est de 4,5 contre 5,0 pour celles ayant participé au test WCST. Néanmoins, cette différence n'est pas significative comme pour les garçons. Il existe cependant des différences entre ces deux groupes de filles au niveau du gain, question par question. Ces résultats seront présentés ultérieurement.

CONCLUSION

Au vu des résultats obtenus, la semaine propédeutique semble avoir augmenté les connaissances et les compétences en physique et ce, tant chez les filles que les garçons. Malgré des résultats au test FCI initialement et significativement plus faibles chez les filles, celles-ci parviennent au post-test à des résultats équivalents obtenus par les garçons.

Les résultats obtenus au test FCI par les filles ou par les garçons ayant participé au test WCST visant à entraîner les fonctions exécutives, ne sont pas significativement différents des élèves qui n'y ont pas participé. Cependant, le fait de participer au test WCST explique une partie importante de la variabilité des résultats obtenus au test FCI.

La progression des résultats obtenus au test FCI – entre post-test et prétest – ce que nous avons appelé le gain – est significativement meilleur pour les filles que pour les garçons. L'entraînement des fonctions exécutives pourrait ainsi avoir un effet sur la fonction inhibitrice visant une moindre mobilisation des conceptions premières en physique et ces résultats seraient liés au genre. Enfin, il reste à analyser plus finement les questionnaires pour déterminer pour quels types de questions cette progression est plus importante.

BIBLIOGRAPHIE

- Allaire-Duquette, G. (2018). *Relation entre le contrôle inhibiteur et les difficultés des élèves à mobiliser les conceptions scientifiques*. Montréal.
- Babai, R. & Amsterdamer, A. (2008). The Persistence of Solid and Liquid Naive Conceptions : A Reaction Time Study. *Journal of Science Education and Technology*, 17(6), 553-559. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9122-6>

- Babai, R., Sekal, R. & Stavy, R. (2010). Persistence of the Intuitive Conception of Living Things in Adolescence. *Journal of Science Education and Technology*, *19*(1), 20-26. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9174-2>
- Brault Foisy, L.-M., Potvin, P., Riopel, M. & Masson, S. (2015). Is inhibition involved in overcoming a common physics misconception in mechanics? *Trends in Neuroscience and Education*, *4*(1-2), 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.03.001>
- Coppens, N., Rebmann, G. & Munier, V. (2009). Suivre l'évolution des conceptions des élèves en mécanique : Développement et évaluation d'exercices informatisés. *Didaskalia*, *35*. <https://doi.org/10.4267/2042/31136>
- Dawson, C. (2014). Towards a Conceptual Profile: Rethinking Conceptual Mediation in the Light of Recent Cognitive and Neuroscientific Findings. *Research in Science Education*, *44*(3), 389-414. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9388-4>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Evans, J. St. B. T. (1989). *Bias in human reasoning : Causes and consequences*. Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Grant, D. A. & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*, *38*(4), 404-411. <https://doi.org/10.1037/h0059831>
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, *30*(3), 141-158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>
- Houdé, O. (1997). The problem of deductive competence and the inhibitory control of cognition. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*, *16*(1-2), 108-113.
- Houdé, O. & Borst, G. (2018). *Le cerveau et les apprentissages*. Paris : Nathan.
- Houdé, O., Zago, L., Mellet, E., Moutier, S., Pineau, A., Mazoyer, B. & Tzourio-Mazoyer, N. (2000). Shifting from the Perceptual Brain to the Logical Brain: The Neural Impact of Cognitive Inhibition Training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*(5), 721-728. <https://doi.org/10.1162/089892900562525>
- Kahneman, D. & Clarinard, R. (2012). *Système 1, système 2 : Les deux vitesses de la pensée*. Paris: Flammarion.
- Masson, S., Potvin, P., Riopel, M. & Foisy, L.-M. B. (2014). Differences in Brain Activation Between Novices and Experts in Science During a Task Involving a Common Misconception in Electricity. *Mind, Brain, and Education*, *8*(1), 44-55. <https://doi.org/10.1111/mbe.12043>
- Malenfant-Robichaud, G. (2017). *Inhibition et capacité à surmonter certaines conceptions alternatives en chimie*. Montréal.
- Potvin, P. (2013). Proposition for improving the classical models of conceptual change based on neuroeducational evidence : Conceptual prevalence. *Neuroeducation*, *2*(1), 16-43. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20130201.16>
- Potvin, P., Masson, S., Lafortune, S. & Cyr, G. (2015). Persistence of the intuitive conception that heavier objects sink more: a reaction time study with different levels of interference. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *13*(1), 21-43. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9520-6>
- Potvin, P. (2019). *Faire apprendre les sciences et la technologie à l'école : Épistémologie, didactique, sciences cognitives et neurosciences au service de l'enseignant*. Paris : Hermann.
- Shtulman, A. & Valcarcel, J. (2012). Scientific knowledge suppresses but does

- not supplant earlier intuitions. *Cognition*, **124**(2), 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2012.04.005>
- Steinmetz, J.-P. & Houssemand, C. (2011). What About Inhibition in the Wisconsin Card Sorting Test? *The Clinical Neuropsychologist*, **25**(4), 652-669. <https://doi.org/10.1080/13854046.2011.568525>
- Taber, K. S. (2000). Multiple frameworks? Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education*, **22**(4), 399-417. <https://doi.org/10.1080/095006900289813>
- Thibault, F. & Potvin, P. (2018). Executive function as a predictor of physics-related conceptual change. *Neuroeducation*, **5**(2), 119-126. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20180502.119>
- Tiberghien, A. (1997). Learning and teaching : Differentiation and relation. *Research in Science Education*, **27**(3), 359-382. <https://doi.org/10.1007/BF02461759>
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique : La part du sens commun*. De Boeck.
- Viennot, L., Colin, P. & Aubert, G. (2011). *En physique, pour comprendre*. EDP sciences.

INTÉRÊT POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA MODÉLISATION D'UNE PROBLÉMATISATION HISTORIQUE LE CAS DE LA REPRODUCTION DES PLANTES À FLEURS

François-Xavier Beuve¹

1 : Centre Interdisciplinaire de Recherche Normand en Education et Formation
(CIRNEF (EA 7454))

Résumé : Cette communication, qui s'inscrit dans le cadre conceptuel de la problématisation, s'intéresse à la construction de repères épistémologiques et propose de représenter quelques éléments d'une problématisation historique, celle de la reproduction des plantes à fleurs, afin de pouvoir en envisager son travail en classe. Le rôle clef d'un principe structurant à la construction d'un empirique nécessaire, qui lui-même précède la production de la solution du problème en jeu, sera ici discuté.

Mots-clés : savoirs scientifiques, problématisation, principes structurants, apprentissages, sciences de la vie et de la Terre.

INTEREST IN TEACHING THE MODELING OF HISTORICAL PROBLEMATIZATION THE CASE OF THE REPRODUCTION OF FLOWERING PLANTS

Abstract: This paper, which falls within the conceptual framework of problematization, is interested in the construction of epistemological reference points and proposes to represent some elements of a historical problematization, that of the reproduction of flowering plants, in order to be able to envisage its work in class. The key role of a structuring principle in the construction of a necessary empirical, which itself precedes the production of the solution to the problem at stake, will be discussed here.

Keywords: scientific knowledge, problematization, structuring principles, learning, life and earth sciences.

INTRODUCTION

La présente communication s'inscrit dans le champ théorique de la problématisation, initié par Fabre (1993), puis développé de façon plus spécifique dans différents domaines disciplinaires, comme celui des SVT (Orange, 2002 ; 2005). Ici-même, nous nous intéressons à la problématisation de la reproduction des plantes à fleurs, au cours de l'histoire des sciences, afin de pouvoir mieux cerner les enjeux de situations d'enseignement-apprentissage portant sur ce même objet d'étude. C'est ainsi qu'après avoir présenté la manière avec laquelle le processus de la problématisation peut être modélisé en sciences, nous proposerons une modélisation possible de la problématisation historique de la reproduction des plantes à fleurs et ce, pour en souligner l'intérêt éventuel pour l'enseignement.

PROBLÈMES ET MODÈLES DANS LES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES

REGISTRES EN JEU DANS LES SAVOIRS SCIENTIFIQUES

Martinand (1986 ; 1987) a posé le premier la nécessité de distinguer en sciences et dans les apprentissages qui s'y réfèrent, les deux registres qui suivent : celui du référent empirique, en cela le monde des objets, phénomènes, procédés et rôles sociotechniques et celui des modèles, en cela le monde des représentations symboliques. Et de la mise en relation de ces deux registres (Martinand, 1992 ; 1994 ; 2014), est issu le premier schéma (restreint) de la modélisation (fig. 1 ; Martinand, 2014, p. 71), lequel image ainsi la tension qui lie le monde des faits constatables, c'est-à-dire le monde des phénomènes, au monde des idées explicatives, c'est-à-dire le monde des explications.

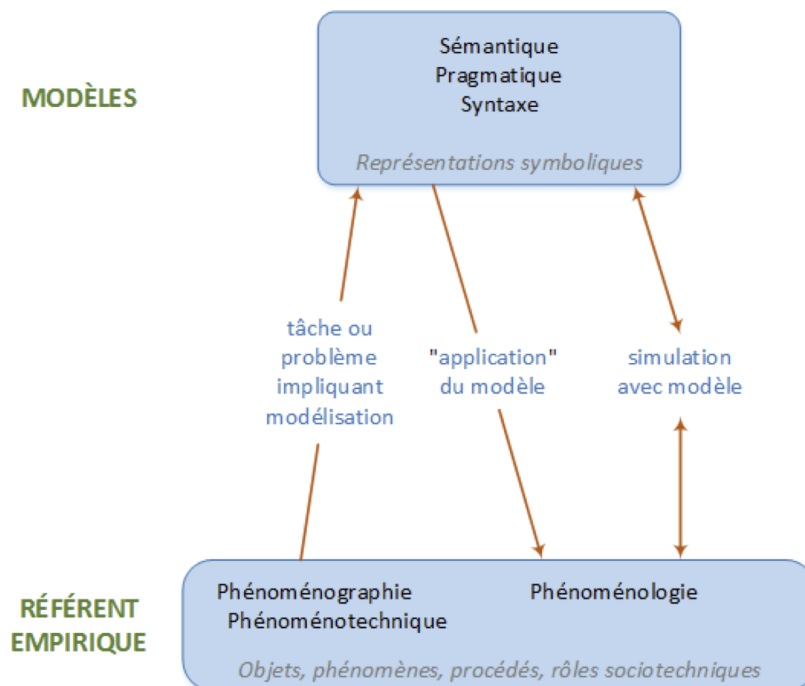


Figure 1 : Premier schéma (restreint) de la modélisation (Martinand, 2014, p. 71)

Nous retrouvons par ailleurs cette mise en relation au travers des “espaces de contraintes” (Orange, 2000) de notre cadre conceptuel, à savoir celui de la problématisation, portant sur l’objet d’étude de la nutrition des êtres humains, nous présentons ici l’un d’eux (fig. 2 ; Orange, 2000, p. 137).

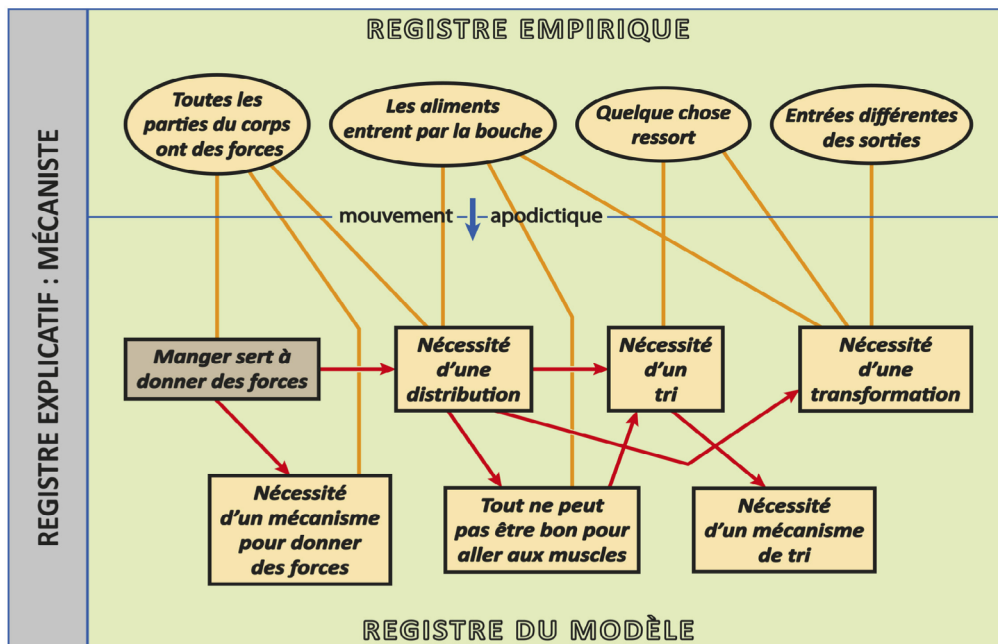


Figure 2 : Schématisation possible de l’“espace de contraintes” d’une classe de CM1 / CM2 (Orange, 2000, p. 137)

DES « ESPACES DE CONTRAINTES » AUX « ESPACES CONTRAINTES ET NÉCESSITÉS »

Une telle représentation du produit de la problématisation en sciences amène à penser les associations suivantes : au registre empirique le statut de contrainte, au registre du modèle le statut de nécessité, cependant qu’en raison de la mise en place de contraintes « théoriques dont le statut épistémologique se distingue des nécessités » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 83), nous voyons déjà poindre l’idée « que tous les éléments du registre du modèle n’ont pas automatiquement un caractère de nécessité » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 81). Il nous faut alors, à l’appui de Fabre (2005 ; 2007 ; 2009) et pour éclaircir ce point, s’en remettre aux philosophes du problème, lesquels « décrivent, chacun à leur manière, le processus de construction du problème comme un double dédoublement » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 81) ; de cela, découle la présente modélisation du double dédoublement de la problématisation à partir d’une situation de départ (fig. 3 ; Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 83).

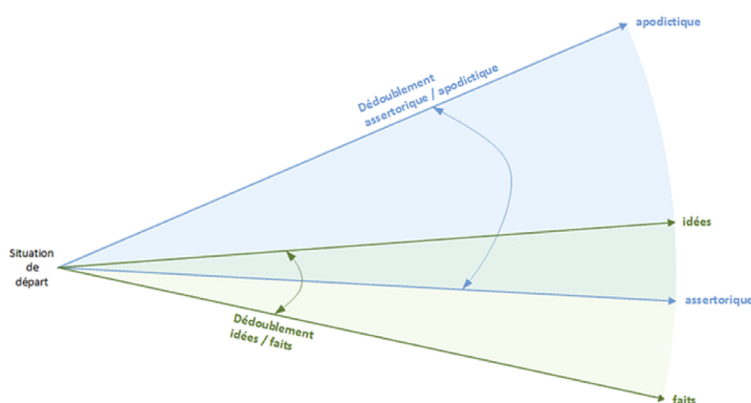


Figure 3 : Modélisation du double dédoublement de la problématisation à partir d’une situation de départ (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 83)

C'est pourquoi le processus de la problématisation, dans son ensemble, peut et ne doit d'ailleurs être envisagé autrement qu'au travers de ces deux dimensions car, et comme le rappelle Bachelard (1949) : si l'on possède à trois dimensions, l'on se souvient à une dimension et l'on comprend à deux dimensions. À l'appui d'un tel raisonnement et, par conséquent, en vertu du statut épistémique nouvellement conféré aux termes de contrainte et de nécessité, en arrivant-on, par le biais des « espaces contraintes¹ et nécessités² » (Lhoste, 2008 ; Lhoste & Peterfalvi, 2009), à repenser les « espaces de contraintes ». Ces derniers, s'ils tiennent parfaitement compte du dédoublement premier, ne s'appuient que trop peu sur le second, lequel y apparaît de « façon moins évidente en dépit des indications données par les flèches et la mention "nécessité de" devant certaines des formulations » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 82-83). De cela, découle la présente modification des « espaces de contraintes » au profit des « espaces contraintes et nécessités » (fig. 4 ; Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 84).

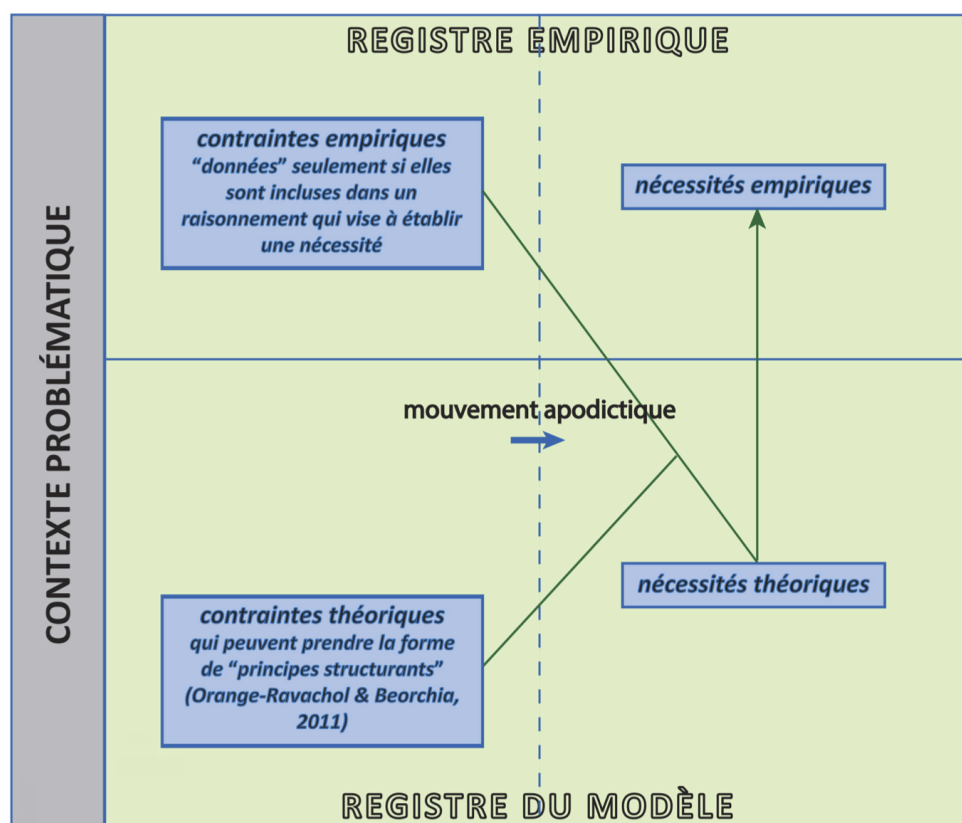


Figure 4 : Modification des « espaces de contraintes » au profit des « espaces contraintes et nécessités » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 84)

Un tel remaniement des « espaces de contraintes », s'il permet premièrement un glissement d'appréciation, d'intérêt du produit sur le processus de la problématisation en sciences, met secondairement à jour, au-delà de la question des contraintes théoriques³, une formulation

1 En cela une pensée préalablement construite (un déjà-là) et convoquée au sein d'un raisonnement actuel (Lhoste, 2008 ; Lhoste & Peterfalvi, 2009) : relevant de l'assertorique, les contraintes ont un caractère contingent (Lhoste, 2005).

2 En cela une pensée nouvellement construite et élaborée au regard d'un raisonnement actuel (Lhoste, 2008 ; Lhoste & Peterfalvi, 2009) : relevant de l'apodictique, les nécessités ont un caractère nécessaire (Lhoste, 2005).

3 Rappelons qu'elles représentent des « éléments théoriques admis comme tels sans discus-

nouvelle et riche d'intérêt, celle des « nécessités empiriques » (Lhoste, 2008 ; Lhoste & Peterfalvi, 2009) : représentons-les alors comme des éléments empiriques à la nécessaire existence, et bien que n'ayant pas encore été découverts, l'histoire des sciences, assurément, attestant de leur réalité. C'est ainsi que l'on pourrait citer le cas du célèbre naturaliste Charles Darwin qui en donne un bel exemple quand, en 1862, il découvrit à Madagascar une orchidée endémique (*Angraecum sesquipedale*) et à l'éperon, ou nectaire, étonnamment grand. Il prédit alors l'existence d'un papillon à la trompe suffisamment grande pour atteindre ce nectar et, en 1867, Alfred Russel Wallace le suivit dans sa prédiction. En 1903, Lionel Walter Rothschild et Heinrich Ernst Karl Jordan découvrirent, en effet, un papillon sphinx géant (à la très longue trompe), le sphinx de Wallace (*Xanthopan morgani praedicta*), et qui est bien le pollinisateur de cette orchidée. Nous pouvons, en outre, remarquer que l'adaptation de l'un⁴ et l'autre⁵ de ces organismes s'explique en raison du phénomène de la coévolution et ce, lorsque des transformations se produisent au cours de l'évolution de deux espèces, suite à leurs influences réciproques. Nous proposons maintenant un « espace contraintes et nécessités » possible du problème travaillé par Darwin (fig. 5).

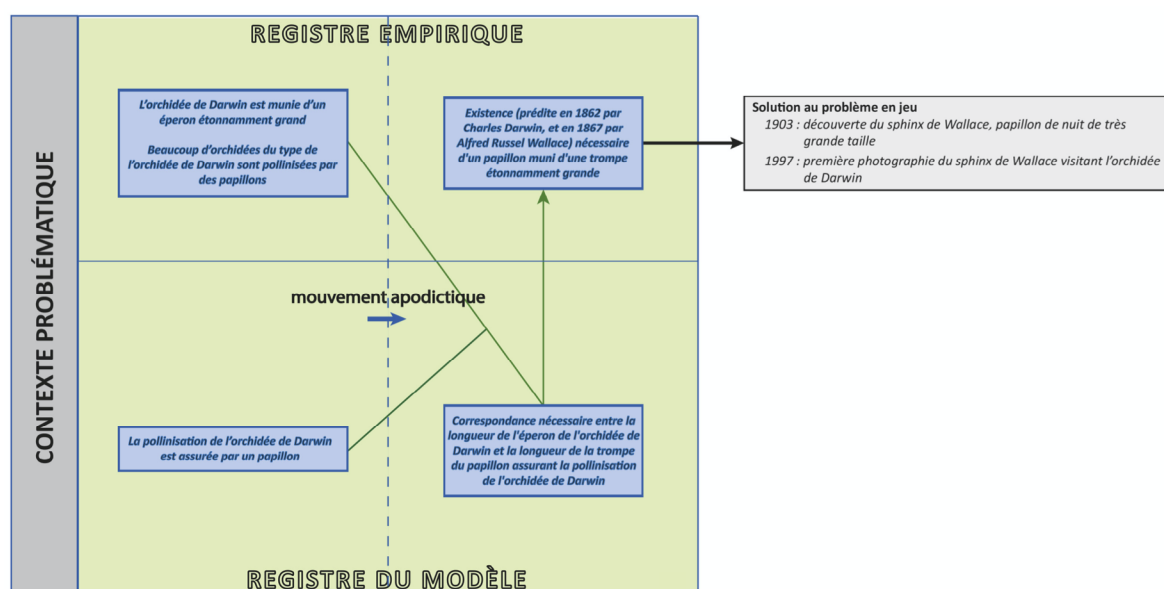


Figure 5 : “Espace contraintes et nécessités” possible du problème travaillé par Darwin

MODÉLISATION DE LA PROBLÉMATISATION HISTORIQUE

DE LA REPRODUCTION DES PLANTES À FLEURS

À l'appui de ces « espaces contraintes et nécessités », nous souhaiterions dorénavant rendre compte du processus de la problématisation de la reproduction des plantes à fleurs, au cours de l'histoire des sciences. Nous allons, pour ce faire, nous appuyer sur deux auteurs de référence, à savoir : Adrien Davy de Virville et Jean-François Leroy, botanistes de formation et contribution et sur lesquels on s'appuie dans le processus de problématisation. » (Lhoste & Peterfalvi, 2009, p. 83).

4 Selon Darwin et Wallace, un long éperon procure à l'orchidée un avantage sélectif car il optimise le contact du pollinisateur avec l'orchidée et, par conséquent, avec le grain de pollen.

5 Selon Darwin et Wallace, une longue trompe procure au papillon un avantage sélectif car il optimise la quantité de nectar récoltée.

teurs réguliers à l’Histoire générale des sciences (1957-1964), ouvrage en trois tomes et quatre volumes, coordonné par René Taton, et qui reste encore aujourd’hui une référence incontournable en matière d’histoire des sciences.

LA NÉCESSAIRE EXISTENCE D’ORGANES MÂLE ET / OU FEMELLE

La sexualité chez les plantes à fleurs n’a aujourd’hui encore rien d’évident et c’est, en 1694, Rudolph J. Camerarius qui, dans une épître restée célèbre (*De sexu plantarum epistola*, 1694), en démontra le premier l’existence. Il montra en effet que le pollen de l’étamine de la fleur était indispensable à la production de graines viables. Pour y parvenir et afin d’identifier avec exactitude le siège de la reproduction chez les plantes à fleurs, il réalisa une série d’expériences visant au choix, soit de supprimer les étamines d’espèces monoïques⁶, soit d’isoler les individus d’espèces dioïques⁷. L’interprétation des résultats de ces expériences lui permit ainsi d’affirmer que l’étamine et le pistil de la fleur correspondaient respectivement aux organes mâle et femelle ; toute détérioration de l’un de ces organes rendant par ailleurs la reproduction impossible. Néanmoins, un tel parallèle effectué entre la reproduction animale et la reproduction végétale ne manqua pas de déclencher un scandale, y compris chez certains botanistes comme Joseph Pitton de Tournefort⁸ qui rejette l’idée même d’une sexualité chez les plantes à fleurs et ce, bien qu’il ait eu l’occasion de décrire des fleurs hermaphrodites et d’observer des plantes dioïques avec, nous le devinons, des pieds (mâles) ne produisant ni fruits ni graines, et des pieds (femelles) produisant des fruits et des graines. Manifestement, et au-delà de cette controverse scientifique, le problème en jeu et auquel s’attelle Camerarius ne se pose pas pour Tournefort.

Qu’ils soient alors séparés ou réunis sur une seule et même plante, les organes sexuels de ladite plante seraient alors portés par la fleur ; organes sexuels qui nécessairement coopéreraient en vue de produire des graines fertiles. À l’appui d’autres travaux scientifiques de son époque, de physiologie et d’anatomie notamment, Camerarius pose finalement « les bases d’une théorie générale ; ici, celle de la sexualité comme fonction commune aux animaux et aux végétaux. Une fois de plus, on était parti de l’hypothèse d’une similitude fonctionnelle. Et dans ce domaine de la reproduction où les obstacles étaient moins techniques que conceptuels, on alla plus loin qu’ailleurs : on découvrit la fonction et on en reconnut les organes (au moins extérieurs) » (Davy de Virville & Leroy, 1958/1969, p. 412). Nous proposons maintenant un “espace contraintes et nécessités” possible du problème travaillé par Camerarius (fig. 6).

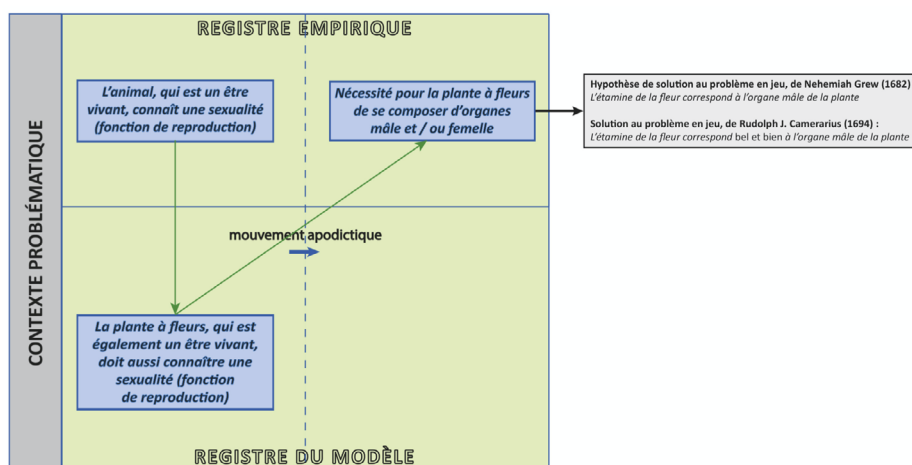


Figure 6 : “Espace contraintes et nécessités” possible du problème travaillé par Camerarius

6 Comme le maïs, le ricin...

7 Comme la mercuriale, le mûrier...

8 Qui, pour l’anecdote, ne voit dans le grain de pollen qu’un excrément...

Ajoutons enfin qu'à l'image de Sébastien Vaillant en 1717, Carl von Linné décrit en 1751 et de façon très précise, les organes sexuels de plantes dioïques⁹, avec des fleurs mâles ne possédant que des étamines et des fleurs femelles ne possédant qu'un pistil. S'inspirant toujours de Vaillant¹⁰, Linné use, lors de ses différents écrits de botanique, de références à la sexualité humaine chez les plantes à fleurs et comme suit : « la corolle est le lit de mariage, les étamines sont les canaux déférents, les anthères les testicules, le pollen le sperme... » (Disquisitio de sexu plantarum, 1760). Indéniablement, se trouve ici assumée l'idée d'un certain principe, à savoir le principe d'unité dans la reproduction des animaux et des végétaux.

LA NÉCESSAIRE EXISTENCE DE LA FÉCONDATION

En outre, et en étendant la sexualité du règne animal au règne végétal, c'est la nécessité de la fécondation et, par voie de conséquence, de la production et de la fusion d'un gamète mâle et d'un gamète femelle qui se trouve ainsi établie dans le cadre de la reproduction des plantes à fleurs. Il n'en reste pas moins que les manifestations extérieures les plus élémentaires de ce phénomène ne sont en rien connues jusqu'au premier quart du XIXe siècle. C'est alors que la communauté scientifique « parle d'un certain contact entre la liqueur mâle et l'ovule ; la liqueur du pollen se répandrait sur le stigmate. Pour les uns, cette liqueur renfermerait les germes ; pour les autres, non dégagés de l'aristotélisme, elle ne serait que le principe de mouvement et de vie, le germe étant préformé dans la femelle ; pour d'autres encore (Koelreuter et Buffon, au XVIIIe siècle), tenant compte des expériences d'hybridation, les germes résulteraient d'un mélange des principes mâle et femelle » (Leroy, 1961/1981, p. 536). Il faudra donc attendre le dernier quart de ce même siècle pour élucider le phénomène de la fécondation chez les phanérogames avec, notamment, Eduard A. Strasburger et ses découvertes retentissantes portant sur le grain de pollen d'une part et le sac embryonnaire d'autre part.

Nous pouvons distinguer de ce qui vient d'être dit les différentes conceptions de la communauté scientifique, jusqu'au premier quart du XIXe siècle, au sujet du phénomène de la fécondation (tab. 1).

Extrait 1	Extrait 2	Extrait 3
« parle d'un certain contact entre la liqueur mâle et l'ovule ; la liqueur du pollen se répandrait sur le stigmate. Pour les uns, cette liqueur renfermerait les germes	pour les autres, non dégagés de l'aristotélisme, elle ne serait que le principe de mouvement et de vie, le germe étant préformé dans la femelle	pour d'autres encore (Koelreuter et Buffon, au XVIIIe siècle), tenant compte des expériences d'hybridation, les germes résulteraient d'un mélange des principes mâle et femelle »
conception spermatiste	conception oviste	conception fécondationniste

Tableau 1 : Conceptions de la communauté scientifique, jusqu'au premier quart du XIXe siècle, au sujet du phénomène de la fécondation

Terminons enfin en rappelant qu'en 1875, date à laquelle étaient publiées les premières études de Strasburger sur la division cellulaire, O. Hertwig faisait connaître le résultat de ses observations sur la fécondation chez les animaux, plus précisément la fusion du noyau spermatique avec le noyau de l'ovule. La même fusion était étudiée en 1883-1884, par Gorojankine et Stras-

9 Terme introduit par Linné lui-même, tout comme le terme monoïque.

10 Qui, pour s'amuser ou provoquer, n'hésite pas à attribuer aux plantes à fleurs le langage des ébats amoureux.

burger, chez les plantes à fleurs. Le rôle de l'un des deux noyaux mâles issus du tube pollinique et contenus dans le sac embryonnaire était élucidé. L'autre, qui ne fusionne pas avec la cellule-œuf (oosphère), posait une énigme qui sera dévoilée par Navachine (1898) et Guignard (1899) ; ce deuxième noyau mâle se fond avec les deux noyaux polaires du sac embryonnaire pour constituer un deuxième zygote extrêmement singulier, zygote qui se développe en albumen, tissu nourricier de l'embryon (Leroy, 1961/1981, p. 539).

MODÉLISATION EN TERMES DE CONTRAINTES ET NÉCESSITÉS

Nous proposons donc, à l'issue de ces quelques éléments d'histoire des sciences, la schématisation possible de « l'espace contraintes et nécessités » du problème de l'identification du siège et des mécanismes de la reproduction chez les plantes à fleurs (fig. 7).

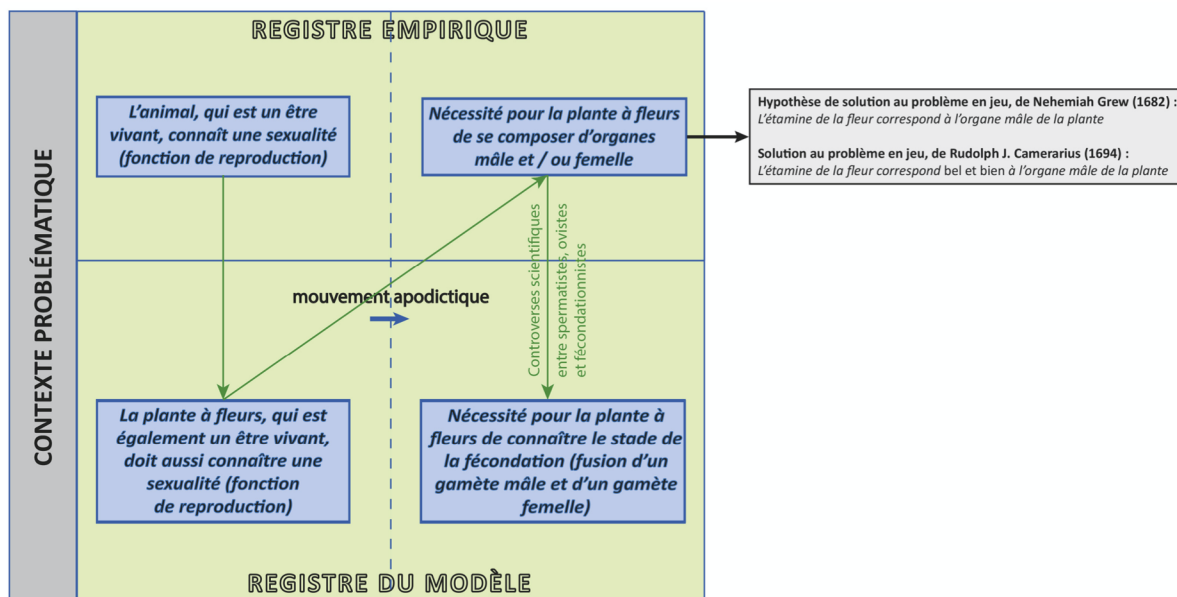


Figure 7 : “Espace contraintes et nécessités” possible du problème en jeu

Remarquons que la contrainte théorique ici mise en évidence, fait écho à un principe structurant de la physiologie, à savoir le principe d'unité de fonctionnement des animaux et des végétaux, lequel a notamment été travaillé par Orange-Ravachol et Beorchia (2011).

Il nous semble alors que la prise en compte de cette contrainte théorique, au cours de l'histoire des sciences, représente à elle seule une véritable rupture épistémologique et ce, lorsqu'elle envisage la question de la sexualité, aussi bien chez les animaux que chez les plantes à fleurs. Pour autant, cette contrainte théorique qui prend ici la forme d'un principe structurant, à savoir le principe d'unité dans la reproduction des animaux et des végétaux, a longtemps dû faire face à un obstacle épistémologique (Bachelard, 1938/1986) de taille et que nous pourrions d'ailleurs qualifier de la sorte : l'obstacle du fleurisme. Ce dernier, lorsqu'il refuse de reconnaître à la fleur d'être l'organe de la reproduction sexuée chez les plantes à fleurs, refuse à ces dernières et par la même occasion, de leur reconnaître une sexualité. Les traces de cet obstacle sont récurrentes au cours de l'histoire des sciences (voir pour cela la position de Tournefort, en 1694) et se retrouvent notamment dans les nombreuses contestations, jusqu'au dernier quart du XIXe siècle (et la compréhension du phénomène de la fécondation), de la démonstration même de Camerarius, comme de démonstrations ultérieures et équivalentes.

CONCLUSION : QUEL INTÉRÊT POUR L'ENSEIGNEMENT ?

Au commencement, le raisonnement de Camerarius, mais également de nombre de ses contemporains, peut se résumer ainsi : si l'animal, qui est un être vivant, se reproduit de façon sexuée, alors la plante à fleurs, qui est également un être vivant, doit aussi se reproduire de façon sexuée (fig. 7).

Ce transfert repose alors sur le repérage d'une similitude qui n'est pas dite, la vie, entre une situation et une autre, à savoir celle du monde animal et celle du monde végétal. C'est donc la vie, en tant qu'objet de savoir, qui rend ici possible l'analogie et, par conséquent, le transfert. Cette similitude saillante de la vie, dans l'une et l'autre de ces situations, conduit ensuite à un développement conceptuel permettant la construction d'une "nécessité empirique", à savoir la nécessité pour la plante à fleurs de se composer d'organes mâles et/ou femelles. Ce développement conceptuel est, comme le soulignent Hofstadter et Sander (2013), le résultat d'un processus d'élargissement ou d'extension catégoriel(le) par analogie, bien connu en sciences. Nous pensons alors qu'un tel développement conceptuel qui se base sur un principe structurant, ici le principe d'unité dans la reproduction des animaux et des végétaux, peut tout à fait être remobilisé en situation de classe et ce, lors de l'enseignement de la reproduction, chez les animaux comme chez les plantes à fleurs (Beuve, 2017).

La prise en compte de ce principe structurant nous paraît d'autant plus pertinente, didactiquement parlant, qu'elle a conduit Camerarius à une véritable rupture épistémologique sur l'objet d'étude de la reproduction des plantes à fleurs avec, pour conséquence, la construction de la nécessité pour la plante à fleurs de se composer d'organes mâles et/ou femelles. C'est là, de notre point de vue, tout l'intérêt pour l'enseignement d'un tel détour épistémologique.

BIBLIOGRAPHIE

- Bachelard, G. (1938/1986). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris : Vrin.
- Bachelard, G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Beuve, F.-X. (2017). *Problématisation, investigations et apprentissages dans les sciences de la vie. Étude didactico-pédagogique des conditions de possibilité pour des investigations empiriques problématisantes, dans deux domaines biologiques : nutrition et reproduction végétales*. Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation non publiée, Communauté d'Universités et Établissements Normandie Université, Caen.
- Davy de virville, A. & leroy, J.-F. (1958/1969). Botanique. In R. Taton. *Histoire générale des sciences. Tome II. La science moderne (De 1450 à 1800)* (pp. 406-420). Paris : Presses Universitaires de France.
- Fabre, M. (1993). De la résolution de problème à la problématisation. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, 4-5, 71-101.
- Fabre, M. (2005). Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, 38 (3), 53-67.
- Fabre, M. (2007). Des savoirs scolaires sans problèmes et sans enjeux. La faute à qui ? *Revue Française de Pédagogie*, 161, 69-78.

- Fabre, M. (2009). *Philosophie et pédagogie du problème*. Paris : Vrin.
- Hofstadter, D. & Sander, E. (2013). *L'Analogie. Cœur de la pensée*. Paris : Éditions Odile Jacob.
- Leroy, J.-F. (1961/1981). Sexualité et reproduction chez les Végétaux. In R. Taton. *Histoire générale des sciences. Tome III. La science contemporaine*. (pp. 536-541). 1, Le XIXe siècle. Paris : Presses Universitaires de France,
- Lhoste, Y. (2005). Argumentation sur les possibles et construction du problème dans le débat scientifique en classe de 3e (14-15 ans) sur le thème de la nutrition. *Aster*, 40, 153-176.
- Lhoste, Y. (2008). *Problématisation, activités langagières et apprentissages dans les sciences de la vie. Étude de débats scientifiques dans la classe dans deux domaines biologiques : nutrition et évolution*. Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation non publiée, université de Nantes, Nantes.
- Lhoste, Y. & Peterfalvi, B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : l'exemple du concept de nutrition. *Aster*, 49, 79-108.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière. Des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Berne, Francfort-s.-Main, New York : Peter Lang.
- Martinand, J.-L. (1987). Modèles et Simulation : En guise d'introduction. In *Actes du colloque international « Neuvièmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique »*. Chamonix : 3, 4, 5 février 1987.
- Martinand, J.-L. (1992). Présentation. In J.-L. Martinand. *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. (pp. 7-22). Paris : Institut National de Recherche Pédagogique.
- Martinand, J.-L. (1994). Quels enseignements peut-on tirer des travaux dans la perspective du développement de curriculum ? In J.-L. Martinand. *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. (pp. 115-125). Paris : Institut National de Recherche Pédagogique.
- Martinand, J.-L. (2014). Didactique des sciences et techniques, didactique du curriculum. *Éducation & Didactique*, 8 (1), 65-76.
- Orange, C. (2000). *Idées et raisons. Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en Sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches en sciences de l'Éducation non publié, université de Nantes, Nantes.
- Orange, C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, 35 (1), 25-42.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, 38 (3), 69-94.
- Orange-Ravachol, D. & beorchia, F. (2011). Principes structurants et construction de savoirs en sciences de la vie et de la Terre. *Éducation & Didactique*, 5 (1), 7-27.

JUSTIFIER ET PROUVER EN SCIENCES PHYSIQUE :
EST-CE SI SIMPLE POUR DES ÉLÈVES ?
UNE ÉTUDE DE CAS EN PHYSIQUE EN CLASSE DE 4ÈME.

Philippe Briaud¹

1 : Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN)
Université de Nantes, INSPE de Nantes

Résumé: Des travaux en sociologie de l'éducation ont montré que des dispositifs didactiques avec des cadrages flous peuvent générer des malentendus sociocognitifs et des inégalités d'apprentissage chez certains élèves. Dans cette communication, nous cherchons à caractériser comment les étapes « émettre une hypothèse explicative et l'investiguer » des démarches d'investigation promues dans les instructions officielles, peuvent être sources de malentendus pour des élèves et à l'origine de certaines de leurs difficultés scolaires. Pour cela, nous étudions, avec les cadres théoriques des deux mondes et du développement cognitif, les réponses des élèves sur le fonctionnement de circuits électriques en classe de 4ème. Un questionnaire leur est posé avant l'étude expérimentale des circuits et un autre après. Notre analyse permet de relier des difficultés d'élèves à des malentendus cognitifs.

Mots-clés : Démarche d'investigation – Malentendu socio-cognitif – Problématisation - Electricité.

JUSTIFY AND PROVE IN THE PHYSICAL SCIENCES:
IS IT SO SIMPLE FOR STUDENTS?
A CASE STUDY IN PHYSICS IN YEAR NINE.

Abstract: Studies in the sociology of education have shown that didactic devices with blurred frames can generate sociocognitive misunderstandings and learning inequalities in some students. In this communication we seek to characterize how the steps «make an explanatory hypothesis and investigate it» investigation procedures promoted in official instructions can be a source of misunderstanding for students and the cause of some of their academic difficulties. For this purpose, we study, with the theoretical frameworks of both worlds and cognitive development, the students' responses to the operation of electrical circuits in year nine. One questionnaire is asked before the experimental circuit study and another after. Our analysis helps to identify cognitive misunderstandings.

Keywords : Inquiry – Socio-cognitive misunderstanding – Problematization - Electricity.

CADRE ET PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Depuis plusieurs années, les instructions officielles¹ recommandent de pratiquer en classe des démarches d'investigation pour rendre les élèves acteurs de leurs apprentissages, afin qu'ils leur donnent du sens en effectuant notamment des liens entre le problème posé, le processus de sa résolution et la solution proposée. Dans ce même document, l'institution scolaire propose le canevas suivant d'une démarche d'investigation en sept étapes, pour aider les enseignants en collège à mettre en œuvre ce type de démarches :

- le choix d'une situation problème par le professeur ;
- l'appropriation du problème par les élèves ;
- la formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles ;
- l'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves ;
- l'échange argumenté autour des propositions élaborées ;
- l'acquisition et la structuration des connaissances ;
- l'opérationnalisation des connaissances.

Des travaux en sociologie de l'éducation ont montré que des dispositifs didactiques avec des cadrages flous, par exemple lorsque des « cheminements intellectuels » sont implicitement attendus des élèves (Bonnéry, 2011), peuvent générer des malentendus sociocognitifs et des inégalités d'apprentissage chez des élèves qui ne possèdent pas certains prérequis scolaires du fait de leur origine sociale (Bonnéry, 2009 ; Bautier & Rayou, 2013). Deux grandes tendances sont repérées par Bonnery (2009) : la fabrication passive d'inégalités qui peut se produire quand le dispositif requiert des prédispositions et « ne cadre pas l'activité de l'élève avec le cheminement intellectuel attendu pour s'approprier le savoir » (ibid., p.15), et la fabrication active qui risque d'émerger quand les élèves sont exposés inégalement à l'apprentissage, lorsque par exemple l'enseignant passe moins de temps sur la phase de conclusion et interroge surtout les bons élèves. Un rapport récent de la DEPP² pointe à nouveau une différence d'apprentissage des élèves, liée à leur profil social mais aussi une baisse du niveau des élèves en sciences en fin de collège ; ce que l'évaluation PISA Sciences 2015 avait déjà révélé (OECD, 2016).

Nous faisons l'hypothèse que les démarches d'investigation placent les élèves dans des activités avec des cadrages flous, par exemple lorsque l'activité cognitive attendue des élèves est implicite, qui peuvent être source de difficultés scolaires pour certains d'entre eux comme cela peut-être le cas dans des séquences forcées pour aider les élèves à problématiser (Chalak & Briaud, 2018). Deux étapes nous semblent particulièrement difficiles pour des élèves car elles leur demandent de développer un raisonnement complexe cohérent pour formuler des hypothèses explicatives au problème posé et conduire une investigation pour les tester. Comme il est précisé dans le programme au collège : « description et exploitation des méthodes et des résultats ; recherche d'éléments de justification et de preuve, confrontation avec les conjectures et les hypothèses formulées précédemment ».

Dans de nombreuses démarches d'investigation en sciences, les étapes d'émission d'hypothèse et d'investigation nécessitent un travail cognitif important de la part des élèves pour mettre en relation des fonctionnements imaginés ou observés, des grandeurs physiques mesurées ou

1 Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008 : http://media.education.gouv.fr/file/special_6/52/7/Programme_physique-chimie_33527.pdf

2 https://cache.media.education.gouv.fr/file/2019/37/8/depp-ni-2019-19-33-cedre-sciences-college_1174378.pdf

non, afin d'identifier des faits et de les interpréter.

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

C'est ce travail cognitif des élèves que nous avons cherché à caractériser pour savoir si les difficultés de certains d'entre eux peuvent être interprétées à l'aide du concept de malentendus cognitifs³. Pour ce faire, nous avons étudié, avec les modèles théoriques des deux mondes et du développement cognitif, comment des élèves de 4ème procèdent pour conduire l'étape d'investigation en électricité. Nous avons choisi ce thème car il met en jeu les connaissances des élèves en électricité, acquises en classe ou dans leur vie quotidienne. Plusieurs auteurs ont montré que les élèves conservent leurs conceptions initiales erronées sur le fonctionnement des circuits électriques après apprentissage (Joshua & Dupin, 1989 ; Closset, 1983 ; Briaud & Schneeberger, 2020). Ces conceptions initiales sont des obstacles à l'apprentissage scientifique lorsqu'elles s'opposent aux changements conceptuels attendus, du fait de leur adaptabilité, comme réponse première au problème que les élèves se posent (Viennot, 1996 ; Astolfi & Peterfalvi, 1993 ; Astolfi & Peterfalvi, 1997).

Dans cette communication, nous étudions la capacité d'élèves de 4ème à prendre en compte les résultats de leurs expérimentations (observations du fonctionnement de circuits électriques et mesures des grandeurs électriques pour caractériser ces fonctionnements), pour discuter de la validité de leur hypothèse et justifier le fonctionnement de ces circuits électriques lorsqu'ils sont représentés par des schémas. L'activité proposée aux élèves doit, dans un premier temps, les conduire à prévoir individuellement le fonctionnement de deux lampes dans des circuits en série et en dérivation, avec un générateur de tension continue en référence au fonctionnement d'une lampe identique seule dans le circuit. Puis, l'observation en groupe de ces fonctionnements et les mesures de grandeurs électriques pour les caractériser, doivent leur permettre de tester leurs propositions. Pour évaluer leur capacité à modéliser un fonctionnement à partir des mesures qu'ils viennent de réaliser, il leur est aussi demandé de proposer un modèle de fonctionnement du générateur. À la fin de cette première activité, l'enseignante avec les élèves conclut sur le fonctionnement des circuits étudiés et les mesures électriques réalisées pour expliquer ces fonctionnements. Une semaine après et pour chacun des circuits étudiés, les élèves devaient choisir entre 3 réponses pour dire comment fonctionnaient les lampes et le générateur et justifier leur réponse à partir de leurs connaissances et des mesures électriques réalisées la semaine précédente et qui figurent dans l'énoncé.

Le questionnaire 1 en début d'activité, demande aux élèves, sans choix de réponses, de prévoir les fonctionnements de deux lampes branchées en série ou en dérivation en référence au fonctionnement d'une même lampe seule dans le circuit. Les élèves doivent ainsi répondre avec leurs connaissances sur le fonctionnement des circuits électriques vus précédemment en classe. Le questionnaire 2, en fin d'activité, propose des choix de réponses aux élèves pour les inciter à justifier leur réponse à l'aide des mesures. L'étude des réponses des élèves avant et après les expérimentations nous permet de caractériser leurs capacités à conduire « l'étape d'investigation » dans une « démarche d'investigation » en physique. Comme dit précédemment, nous voulons notamment savoir s'ils prennent ou non en compte les observations et les mesures électriques réalisées pour expliquer, une semaine après et par écrit, les fonctionnements des circuits étudiés.

³ Nous n'abordons pas dans cette étude exploratoire le volet social des difficultés et malentendus pour l'apprentissage.

Pour analyser et classer les réponses des élèves aux deux questionnaires, nous utilisons le modèle des deux mondes proposé par Tiberghien (2015) pour concevoir des séquences d'enseignement en physique au secondaire. Dans ce cadre, la construction de nouvelles connaissances par les élèves s'effectue par une mise en relation de leurs connaissances issues de la vie quotidienne et/ou en physique dans des registres des objets -événements et des théories et modèles. Nous nous servons aussi du modèle des trois paliers d'évolution des explications scientifiques, proposé par Piaget et Garcia (1983). « Le premier palier se caractérise par une centration sur les propriétés perceptives des objets et des explications locales et particulières. Au second palier, des mises en relation entre objets apparaissent et des déductions sont possibles. Au troisième palier, les mises en relations se font sur la base de structures hypothétiques » (Resta-Schweitzer & Weil-Barais, 2009). Ces deux cadres théoriques nous ont permis de définir trois types pour classer les réponses des élèves. Le type A correspond à une réponse correcte avec une argumentation qui repose sur les lois des circuits électriques et les mesures de grandeurs électriques, si elles sont connues. Le type B permet de répertorier les réponses d'élèves qui sont correctes, mais non justifiées et/ou non argumentées. Ces deux types de réponses se réfèrent aux paliers trans-objectal et inter-objectal de développement cognitif, car elles utilisent explicitement ou implicitement les concepts d'intensité, de tension et les lois qui les relient pour décrire le fonctionnement des circuits électriques étudiés. Le type C correspond aux réponses fausses des élèves qui sont répertoriées dans des travaux de recherche, comme par exemple l'usure du courant dans un circuit en série ou la place des dipôles dans le circuit ou leur branchement en série ou en dérivation. Nous considérons que cette catégorie de réponse correspond au palier intra-objectal de développement cognitif, car elle repose sur une description des circuits et une mise en relation des propriétés descriptives des objets qui les constituent. Les autres réponses fausses ou sans lien avec le thème sont mises dans la rubrique « Autre ».

RESULTATS ET DISCUSSION

Nous avons questionné les élèves individuellement par écrit (questionnaire 1), sur le fonctionnement de circuits électriques avec deux lampes en série puis en dérivation, après un enseignement conduit dans le cadre des instructions officielles. Puis, collectivement, une discussion est conduite avec l'enseignante pour confronter les différentes hypothèses émises par les élèves, définir les grandeurs électriques (tensions et intensités) à mesurer pour caractériser les différents fonctionnements et réaliser ces mesures en groupe. À la fin de la séance, un bilan collectif des mesures et des fonctionnements observés a été réalisé. L'éclairage des lampes dans les deux circuits est relié aux mesures des tensions et intensités. Et il est précisé que le générateur est un générateur de tension car la tension entre ses bornes est la même pour les deux circuits, alors que l'intensité qu'il délivre est différente. Une semaine après, le questionnaire 2 leur est posé avec des propositions de réponses à choisir et les valeurs des mesures des courants et tensions réalisées la fois précédente. Nous présentons en annexes 1 et 2 les items des questionnaires 1 et 2 sur le fonctionnement des deux lampes en série. Les élèves sont supposés répondre au deuxième questionnaire à l'aide de leurs connaissances en électricité, qu'ils ont pu réactiver ou acquérir, avec les observations du fonctionnement des circuits et les mesures de grandeurs électriques qu'ils ont réalisées à la séance précédente.

Pour classer les réponses des élèves selon les types A, B et C ou dans la rubrique « autre » que nous avons définis précédemment, nous les avons interprétées en référence aux savoirs en électrocinétique, aux cadres théoriques des modèles des deux mondes et de développement cognitif. Ceci nous permet notamment de distinguer les réponses qui relient le fonctionnement

des circuits à des grandeurs physiques (tension et intensité par exemple) et celles qui le décrivent en terme de position des dipôles dans le circuit. Nous donnons dans le tableau ci-dessous les résultats obtenus dans plusieurs classes de 4ème :

Réponse	4ème E	4ème G	4ème D	4ème A	4ème C					
Série										
Type A	11	26	3	26	11	11	2	11	5	18
Type B	22	19	23	12	17	19	19	14	30	26
Type C	17	8	24	12	21	13	21	25	11	8
Autre	3	1	2	6	3	5	2	0	0	0
Dérivation										
Type A	4	21	3	21	7	8	1	10	0	18
Type B	24	19	25	7	17	20	23	21	11	13
Type C	18	13	18	16	16	16	10	18	22	18
Autre	1	1	1	5	3	3	3	0	1	0
Générateur										
Type A	5	5	0	20	28	16	0	10	6	20
Type B	8	12	0	7	0	2	0	8	0	0
Type C	7	18	0	19	0	28	0	31	5	21
Autre	2	1	2	2	4	1	0	2	0	0

Tableau 1. : Nombre de réponses de chaque type, des élèves de 4ème, aux deux questionnaires sur le fonctionnement de circuits électriques en série ou en dérivation.

Pour chaque classe, la 1ère colonne correspond aux réponses des élèves au premier questionnaire et la seconde colonne, à celles du deuxième questionnaire. La quasi-totalité des élèves (28 en moyenne par classe) ont répondu aux questionnaires et seules quelques réponses sont hors de propos, comme le montrent les faibles scores de la catégorie « autre ». Toutes les autres réponses utilisent un raisonnement qui porte sur une seule grandeur, la tension principalement ou l'intensité, suivant le circuit étudié. La moitié des élèves environ donne une réponse correcte aux deux questionnaires et seulement quelques-uns ont su modéliser correctement le fonctionnement du générateur, ce qui n'est pas surprenant car cette modélisation est très difficile pour des élèves de 4ème. En effet, elle se construit à partir des valeurs mesurées de la tension et de l'intensité dans les circuits, mais contrairement à la modélisation du fonctionnement des lampes pour lesquelles les élèves peuvent relier leur éclairage à la valeur de la tension ou de l'intensité, le fonctionnement du générateur peut seulement être modélisé avec les mesures.

Le questionnaire 1 a été rempli par les élèves au cours de la 1ère séance, avant de réaliser les circuits électriques et de caractériser leur fonctionnement à l'aide des mesures de la tension et l'intensité. Dans chaque classe, à peu près la moitié des élèves répondent avec leurs « conceptions » erronées sur le fonctionnement des circuits électriques, du type de celles répertoriés dans des travaux de recherche sur ce thème (Joshua & Dupin, 1989 ; Closset, 1983 ; Briaud & Schneeberger, 2020). Ils utilisent, par exemple, un raisonnement linéaire causal avec usure du courant ou justifient le fonctionnement du circuit par son type (série ou dérivation). Nous avons classé ces réponses en type C, car elles ne justifient pas le fonctionnement du circuit. Les autres élèves, bien qu'ils n'utilisent qu'une seule grandeur, ont des raisonnements corrects sur le fonc-

tionnement des circuits en série et en dérivation. Nous avons classé leurs réponses dans le type A, lorsqu'elles sont justifiées par une loi scientifique (additivité ou unicité de la tension par exemple) ou de type B, lorsqu'elles ne sont pas justifiées. Dans toutes ces classes, peu d'élèves savent justifier leurs réponses et seuls les élèves de la classe de 4ème D ont un nombre élevé de réponses de type A pour le générateur. On peut penser que ces élèves ont noté sur leur feuille la conclusion faite en fin de la 1ère séance sur le fonctionnement du générateur et que cela n'a pas été fait dans les autres classes.

La plupart des élèves utilisent le même raisonnement pour répondre au deuxième questionnaire. De nombreux élèves n'ont pas pris en compte les valeurs des grandeurs électriques mesurées à la 1ère séance et données dans le texte du 2ème questionnaire. Ce résultat est illustré dans le tableau 1 par la faible diminution du nombre des réponses classées dans le type B lorsque la réponse est correcte mais non justifiée ou de type C lorsque la réponse est erronée, comme pour le 1er questionnaire. L'augmentation du nombre de réponses de type A correspond aux élèves qui ont justifié leurs réponses en faisant référence aux valeurs données dans le texte implicitement (annexe 3) ou explicitement (annexe 4). L'élève qui a donné la réponse de l'annexe 4, est une des seul(e)s élèves à avoir su justifier sa réponse sur le fonctionnement de la pile (Document 1.). Elle fait aussi partie du petit nombre d'élèves qui ont changé de raisonnement entre le 1er et le 2ème questionnaire. Sans doute a-t-elle su tirer profit des activités qu'elle a réalisées dans ce scénario pédagogique.

Fonctionnement de la pile

er la (ou les) proposition(s) de votre choix :

La pile délivre la même énergie dans les 3 circuits ;

La pile délivre la plus grande énergie dans le circuit 3 ;

La tension aux bornes de la pile est la même dans les 3 circuits ;

Le courant délivré par la pile est le même dans les 3 circuits ;

Le courant délivré par la pile dépend du nombre de lampes dans le circuit.

ET

fait regarder les mesures.

Document 1. : Réponse d'une élève sur le fonctionnement de la pile avec la prise en compte des mesures.

À la fin du questionnaire 2, beaucoup d'élèves ont répondu que la tension aux bornes de la pile est constante, mais peu ont justifié leur réponse par des valeurs. Nous avons donc classé cette réponse dans le type B. Ces élèves ont répondu avec leurs « conceptions » d'une pile qui délivre toujours la même énergie, avec la même tension et le même courant sans prendre en compte les valeurs de la tension et du courant, données dans le texte. Ils n'ont pas vu non plus que leur réponse est en contradiction avec les explications qu'ils ont données sur le fonctionnement des circuits en série et en dérivation, où ils précisent qu'en dérivation les deux lampes brillent plus qu'en série et autant que la lampe seule. Les réponses de ces élèves laissent supposer qu'ils relient l'éclairement des lampes à une seule des grandeurs mesurées (la tension ou l'intensité, selon le circuit étudié), comme si c'était l'énergie de la pile. Ces élèves semblent avoir une conception de sens commun de l'énergie de la pile (une quantité de quelque chose pour faire fonctionner des lampes) qui peut faire obstacle pour modéliser son fonctionnement.

Cependant, le concept scientifique d'énergie électrique s'exprime par le produit des valeurs du courant, de la tension et du temps pour chaque cas étudié.

CONCLUSION

Dans notre étude, de nombreux élèves (42 réponses de type A et 22 de type B sur 136 réponses) ont su construire une explication du fonctionnement des circuits électriques en mettant en relation des données du registre des modèles (grandeurs tension et intensité) et du monde matériel (les valeurs de l'intensité et de la tension aux bornes des lampes et de la pile) et les phénomènes observés (l'éclairage des lampes). Mais aucun n'a utilisé les concepts scientifiques d'énergie ou de puissance qu'ils avaient vus en classe.

À peu près dix élèves par classe répondent aux deux questionnaires en mobilisant leurs conceptions erronées et sans prendre en compte les données fournies par l'énoncé du 2ème questionnaire. On peut penser que cette non utilisation des résultats des mesures n'est pas due à une inattention de leur part, mais plutôt à une absence de signification pour eux ou elles. Ces informations ne feraient pas sens pour ces élèves, car leurs conceptions du fonctionnement des circuits, qu'ils expriment dans leurs réponses, portent principalement sur des propriétés perceptives des objets : le nombre des lampes, leur emplacement dans le circuit ou des lois génériques (l'unicité ou l'additivité, sans préciser de quoi), mais pas sur une mise en relation des concepts de tension et intensité avec le fonctionnement, supposé ou observé, des lampes (Annexe 5 a et b). Malgré la focalisation mise par l'enseignante, qui est la même dans toutes les classes, sur le rôle des expériences pour tester une hypothèse par la mise en relation des mesures réalisées et des fonctionnements observés des circuits, les activités que ces élèves ont effectuées à la 1ère séance ne semblent pas avoir fait sens pour eux. Dans leurs réponses aux questionnaires, ils disent ce qu'ils savent de ces circuits électriques, mais ils n'expliquent pas leur fonctionnement à partir de ce qu'ils peuvent en connaître avec les données du deuxième énoncé, notamment. Nous considérons que cela peut être mis en lien avec les résultats d'une étude des évaluations PISA qui relie en partie les faibles résultats des élèves de milieu défavorisé à leurs difficultés à combiner des ressources externes à leurs ressources internes lorsque c'est nécessaire pour répondre (Duclos et al., 2018).

Pour cette étude prospective, nous n'avons pas cherché à connaître l'origine sociale des élèves. Nous pouvons donc juste conclure que les difficultés repérées chez ces élèves relèvent de malentendus cognitifs car ils répondent au questionnaire 1 et 2 de la même façon, alors que dans le questionnaire 2 figurent des données à prendre en compte pour répondre différemment qu'au questionnaire 1. Nous poursuivrons cette étude en effectuant des entretiens avec certains de ces élèves pour connaître leur milieu social et continuer à caractériser les difficultés qu'ils rencontrent dans l'apprentissage scientifique et notamment, avec des démarches d'investigation.

BIBLIOGRAPHIE

- Astolfi, J-P. & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, **16**. 103-141. Lyon : INRP.
- Astolfi, J-P. & Peterfalvi, B., (1997). Stratégies de travail des obstacles : Dispositifs et ressorts. *Aster*, **25**, 193-216. Lyon – INRP.
- Bautier, É. & Rayou, P. (2013). *Les inégalités d'apprentissage programmes, pra-*

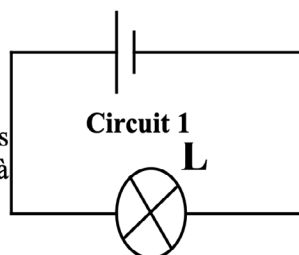
- tiques et malentendus scolaires*. Paris : Presses universitaires de France.
- Briaud, Ph & Schneeberger, P. (2020, à paraître). *Des aides au processus de problématisation : Une étude de cas en SVT et en Physique*. Ouvrage collectif coordonné par B Lebouvier et A. Musquer.
- Bonnéry, S. (2009). Scénarisation des dispositifs pédagogiques et inégalités d'apprentissage. *Revue française de pédagogie*, 167, 13-23. Lyon : INRP.
- Bonnéry, S. (2011). Les définitions sociales de l'apprenant : Approche sociologique, interrogations didactiques. *Recherche en didactique*, 12, 65-84.
- Chalak, H. & Briaud, P. (2018). *Problématisation et malentendus didactiques dans une séquence forcée sur la respiration au cycle 3*. 10ème rencontre de l'ARDIST, 27 au 30 mars, Saint Malo.
- Closset J.-L. (1983). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, 931-950.
- Duclos, M., Le Hebel, F., Montpied, P., Tiberghien, A., Fontanieu, V., Noveck, I. & Jayez, J. (2018). *Quelles caractéristiques des tâches de sciences discriminent la performance des élèves en fonction de leur niveau socio-économique et culturel*. 10ème rencontre de l'ARDIST, 27 au 30 mars, Saint Malo.
- Johsua S. & Dupin J.-J. (1989). *Représentations et modélisations: Le « débat scientifique » dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.
- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathématique and Financial Literacy, PISA*, OECD Publishing, Paris.
- Piaget, J. & Garcia, (1983). *Psychogénèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.
- Resta-Schweitzer, M. & Weil-Barais, A. (2009). Initiation scientifique et développement intellectuel de l'enfant à l'âge préscolaire. *Les dossiers des sciences de l'éducation- Didactique : approche vygotkienne*, 21, 101-113.
- Tiberghien, A. (2015). La modélisation : quel rôle dans l'enseignement de la physique à l'école secondaire ? in *T. Evrard & B. Amory. (Eds). Les modèles, des incontournables pour enseigner les sciences !* Bruxelles : De Boeck.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique: La part du sens commun*. Bruxelles : De Boeck Collection Méthodes en sciences humaines.

ANNEXES

Annexe 1 : Electricité questionnaire 1

Ci-contre le circuit électrique n° : 1

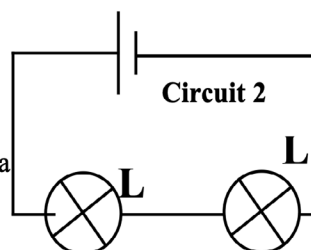
Son fonctionnement est pris comme référence. Dans les autres circuits ci-dessous, le générateur et les lampes sont identiques à ceux de ce circuit 1.



E-1°) Dans le circuit 2 ci-contre :

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :



Annexe 2 : Conclusion de la séance Electricité questionnaire 2

Ci-contre le circuit électrique n° : 1

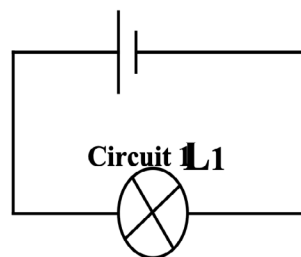
Son fonctionnement est pris comme référence. Dans les autres circuits ci-dessous, le générateur et les lampes sont identiques à ceux de ce circuit 1.

Mesures électriques :

Tension aux bornes du générateur : $U_G = 6,11 \text{ V}$

Intensité du courant dans le circuit : $I = 0,3 \text{ A}$

Tension aux bornes de la lampe : $U_{L1} = 6,10 \text{ V}$



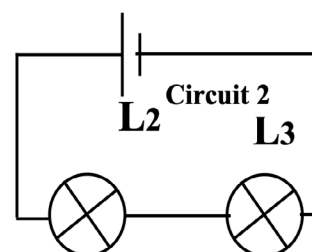
E-1°) Dans le circuit 2 ci-contre :

Mesures électriques :

Tension aux bornes du générateur : $U_G = 6,12 \text{ V}$

Intensité du courant dans le circuit : $I_G = 0,2 \text{ A}$

Tension aux bornes de chaque lampe : $U_{L2} = U_{L3} = 3,10 \text{ V}$



Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- Les deux lampes brillent pareil.
- La 1^{ère} lampe brille le plus.
- La 2^{ème} lampe ne brille pas.

Justifier

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- Les deux lampes brillent comme dans le circuit 1
- Les deux lampes brillent moins que dans le circuit 1.
- La 1^{ère} lampe brille comme dans le circuit 1.

Justifier

Annexe 3 : Réponse d'un élève au questionnaire 2 avec une prise en compte implicite de la valeur mesurée du courant notée dans l'énoncé.

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- a) Les deux lampes brillent pareil.
- b) La 1^{ère} lampe brille le plus.
- c) La 2^{ème} lampe brille pas.

Justifier

Les lampes brillent pareil car l'intensité est la même dans tout le circuit.

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- d) Les deux lampes brillent comme dans le circuit 1
- e) Les deux lampes brillent moins que dans le circuit 1.
- f) La 1^{ère} lampe brille comme dans le circuit 1.

Justifier

Car l'intensité du circuit est moins élevée que dans le circuit 1

Annexe 4 : Réponse d'un élève au questionnaire 2 avec une prise en compte explicite de la valeur mesurée du courant notée dans l'énoncé.

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- g) Les deux lampes brillent pareil.
- h) La 1^{ère} lampe L3 brille le plus.
- i) La 2^{ème} lampe L4 ne brille pas.



Justifier

Les deux lampes brillent pareil car les mesures indiquent qu'elles sont traversées par une intensité de 0,29 A.

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

Entourer la proposition de votre choix :

- j) Les deux lampes brillent comme dans le circuit 1
- k) Les deux lampes brillent moins que dans le circuit 1.
- l) La 1^{ère} lampe brille comme dans le circuit 1 et l'autre moins.

Justifier

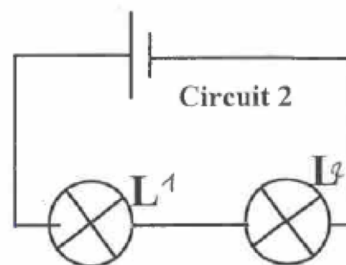
Les deux lampes brillent à peu près comme dans le circuit 1 car l'intensité du circuit 1 est de 0,3 A et celle des lampes est de 0,29 A

Annexe 5 a) : « conceptions » d'un élève pour répondre au 1^{er} questionnaires.

E-1°) Dans le circuit 2 ci-contre :

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

La lampe de gauche éclaire plus car c'est la première à capter l'énergie comme le courant circule dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.



Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

La lampe du circuit numéro 1 va mieux éclairé car elle est seul sur son circuit.

Annexe 5 b) : « conceptions » d'un élève pour répondre au 2^{ème} questionnaire sans tenir compte de valeurs de la tension et du courant de l'énoncé.

Comparer l'éclairement des deux lampes entre-elles :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- a) Les deux lampes brillent pareil
- b) La 1^{ère} lampe brille le plus.
- c) La 2^{ème} lampe brille pas.

Justifier

Les deux lampes brillent pareil car elle ont le même circuit

Comparer l'éclairement de ces lampes par rapport à celui de la lampe du circuit 1 :

Entourer la (ou les) proposition(s) de votre choix :

- d) Les deux lampes brillent comme dans le circuit 1
- e) Les deux lampes brillent moins que dans le circuit 1
- f) La 1^{ère} lampe brille comme dans le circuit 1.

Justifier

Les deux lampes brillent moins car le sur le circuit 1 il n'y a qu'une seule lampes.

L'AIDE À L'ACCULTURATION DISCIPLINAIRE UNIVERSITAIRE

ÉTUDE DE PRATIQUES ENSEIGNANTES DU SUPÉRIEUR EN BIOLOGIE

Myriam Régent-Kloeckner¹,

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz EA 4434 (LDAR)

Université de Cergy Pontoise : EA4434, Université Paris Diderot - Paris 7 : EA4434, Université d'Artois : EA4434, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12 : EA4434, Université de Rouen Normandie

Résumé : La transition enseignement secondaire / université est un sujet d'étude depuis au moins 30 ans. L'apprentissage du « métier d'étudiant » peut être vu comme un processus d'acculturation : un processus d'apprentissage des modèles, des normes et modes de comportements régissant un groupe social. L'originalité de ce travail est de proposer une approche disciplinaire ; il s'intègre dans la dynamique des études des pratiques enseignantes universitaires qui ont émergé en France ces dernières années, en particulier celles qui visent à rendre compte de la diversité des pratiques permettant de rapprocher les étudiants des savoirs théoriques et pratiques visés par les enseignants. En effet, l'étudiant doit progressivement s'affilier à la fois à l'institution, mais aussi à la discipline. Il s'agit ici, à partir d'une étude de cas, de mettre au jour les éléments de pratiques de deux enseignants-chercheurs de biologie cellulaire qui pourraient aider les étudiants à s'affilier à cette discipline.

Mots-clés : acculturation, enseignement supérieur, pratiques enseignantes, biologie, proximités-en-acte.

GUIDANCE TO DISCIPLINARY ACCULTURATION AT UNIVERSITY

A STUDY OF ACADEMICS' PRACTICES IN BIOLOGY

Abstract : The transition from high school to university has been studied for at least 30 years. Learning the « student trade » can be seen as an acculturation process: a process of learning models, norms and behaviour patterns governing a social group. The originality of this work is to take a disciplinary approach; it is part of the growing body of works on higher education teaching practices that have emerged in France in recent years, particularly those reporting on the diversity of practices that bring students closer to the cognitive and practical knowledge targeted by teachers. Indeed, the student has to progressively affiliate with both the institution and the discipline. From a case study, our goal is to reveal some elements of practice of two cell biology academics that could help students to become a member of the discipline community.

Keywords : acculturation, higher education, academics' practices, biology, proximity

INTRODUCTION

Beaucoup de choses sont dites sur l'université. Au-delà des débats autour des chiffres sur les taux d'échecs en première année à l'université, on entend souvent dire que les cours magistraux ne sont pas (ou plus) des modes d'enseignement adaptés ; qu'il faut rénover l'enseignement supérieur ; que les enseignants-chercheurs (EC) doivent s'adapter aux nouveaux publics d'étudiants... Différentes études ont analysé l'évolution du contexte d'enseignement, le lien entre origine sociale et réussite (Romainville & Michaut, 2012), les pratiques pédagogiques (Altet, 2002 ; Fave-Bonnet & Annot, 2004 ; Rege-Colet & Romainville, 2006), les stratégies d'apprentissage développées par les étudiants et celles souhaitées par les enseignants (Romainville, 2004 ; Romainville, Goasdoué et al., 2013). De ces études, on peut retenir que le passage de l'enseignement secondaire à l'enseignement supérieur constitue un changement important pour l'apprenant, ceci pour des raisons sociales, mais aussi en termes de relation au travail et de compréhension des codes et attentes universitaires qui ne sont pas toujours explicites et qui constituent des éléments importants de l'apprentissage du métier d'étudiant (Coulon, 1997 ; Paivandi, 2015). Cependant, peu de ces études s'intéressent aux spécificités disciplinaires. Or, les objectifs et l'organisation de l'enseignement, ainsi que les pratiques enseignantes dans le supérieur ne peuvent être dissociés des cultures disciplinaires (Becher, 1994). Une partie de ces cultures peut être expliquée par des habitudes partagées au sein de la communauté disciplinaire locale, nationale ou internationale, mais une part importante de ces cultures est liée à l'épistémologie même de chaque discipline. Nous sommes parties de l'hypothèse qu'au-delà du discours notionnel exposé en cours magistral, les EC proposent un second discours qui participe plus ou moins implicitement à aider l'étudiant à s'affilier à leur discipline, c'est-à-dire à guider les étudiants vers les changements d'attitudes et de raisonnements attendus d'eux en tant que novices.

En France, la biologie en tant que discipline universitaire, ne correspond pas parfaitement à la discipline scolaire : en effet, elle est incluse dans les Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) or, l'association de la biologie avec les géosciences est souvent remise en cause au niveau universitaire, du fait de ces liens avec la chimie et l'importance croissante des recherches au niveau moléculaire. Cette différence de positionnement des disciplines entre elles nécessite déjà une adaptation des étudiants en termes de réseaux conceptuels à mobiliser. Par ailleurs, la biologie est multi-dimensionnelle (de la molécule aux écosystèmes) et correspond aux croisements de nombreuses sous-disciplines. Cette vision non unifiée et pourtant interconnectée entre les différents registres explicatifs mobilisés par ces sous-disciplines, est aussi une nouveauté pour les étudiants entrant à l'université. La biologie cellulaire est une sous-discipline essentiellement nouvelle pour eux et fait partie de ces domaines qui mobilisent de nombreux concepts issus d'autres disciplines (physique) ou sous-disciplines (biochimie, physiologie) tout en ayant son propre objet d'étude (la cellule) et des techniques spécifiques associées. Ce type de raisonnement multi-échelle (van Mil et al., 2013) pose de nombreuses difficultés à l'entrée à l'université, notamment en biologie cellulaire (Flores et al., 2013). La présentation des membranes cellulaires est relativement incontournable dans les cours de première année de biologie cellulaire à l'université et ce thème condense, à lui seul, beaucoup de difficultés mentionnées ci-dessus : pour comprendre la structure et les propriétés des membranes, il faut associer des notions de biochimie concernant les différentes molécules constitutives, les différents types d'interactions chimiques et physiques entre elles et associer ensuite ces propriétés aux caractéristiques cellulaires et physiologiques qui dépendent de l'existence de ces membranes.

CADRES THÉORIQUES

La transition entre l'enseignement secondaire et l'enseignement supérieur fait l'objet d'études en sciences de l'éducation depuis près de 30 ans (Coulon, 1997 ; Paivandi, 2015). Cette transition est indissociable d'une adaptation et d'une acculturation nécessaire à un nouveau milieu social et intellectuel où le contexte social, les règles, les normes et les pratiques instituées, différent de l'environnement relativement protégé du lycée. L'acculturation est un ensemble de modifications individuelles concernant les manières d'agir, de juger, de travailler, de penser, de parler, de façon à être accepté dans un groupe disciplinaire et en devenir un membre acteur efficace. Autrement dit, c'est un processus d'apprentissage des modèles, normes et modes de comportement régissant un groupe social. Paivandi (2015) mentionne que l'environnement d'étude est généralement cité par les étudiants comme un élément important de cette transition et qu'ils le décrivent en trois niveaux : l'université, le département ou le diplôme (souvent associé à une discipline) et le cours ou module d'enseignement.

L'affiliation des étudiants à un ou plusieurs champs disciplinaires correspond à l'un des objectifs de l'enseignement supérieur. Il semble possible d'adapter ce cadre général de l'acculturation dans le cadre de cette recherche d'affiliation disciplinaire. Pour les étudiants du premier cycle universitaire (licence), les modèles à apprendre correspondent essentiellement aux modèles théoriques enseignés et actuellement admis comme fondamentaux au sein de la communauté disciplinaire. Ces modèles font l'objet de la majorité des objectifs explicites des enseignements¹. Les modes de comportement correspondent à la fois, aux savoir-faire, mais aussi aux types de techniques généralement mis en œuvre pour montrer, tester les modèles théoriques. Les normes peuvent comprendre différentes façons de penser, de parler et de juger, telles que les éléments langagiers comme le contexte d'usage du vocabulaire, le type de rédaction ou d'argumentation, permettant de conclure sur la validité ou non, des méthodes d'analyses scientifiques. À son arrivée à l'université, l'étudiant connaît déjà quelques normes ou comportements associés à la discipline scolaire, mais ceux-ci ne trouvent pas toujours une correspondance exacte avec la culture universitaire². De plus, le poids relatif de ces normes dans l'apprentissage peut être très différent³. Nous supposons que l'EC peut aider les étudiants à développer un positionnement disciplinaire efficace, en insérant différents types d'éléments dans son discours de cours.

Le cours magistral est généralement vécu comme une exposition des savoirs par l'enseignant qui est donc maître du discours proposé aux étudiants. C'est donc, en général, une relation de type maître-élèves et non tutorale qui est développée dans ce contexte d'enseignement et l'apprentissage passerait alors essentiellement par un processus « imitation intelligente ». Cependant, cette imitation n'est possible que si l'objet de l'apprentissage est suffisamment proche

1 Exemple d'objectif explicité par l'EC1 : « avoir compris la fluidité membranaire et quand je vous demande de l'avoir compris c'est par exemple aussi être capable de citer quelques critères qui illustrent la fluidité membranaire »

2 À titre d'exemple : l'application rigide de la méthode OHERIC (Observation, hypothèse, expérience, résultats, interprétation, conclusion) encore très souvent enseignée comme la démarche scientifique dans le secondaire, et qui a un côté rassurant pour les élèves peut devenir un obstacle à l'apprentissage de la diversité réelle des démarches scientifiques.

3 Les étudiants sont amenés progressivement à accorder autant, voire plus, d'importance aux démarches, aux méthodes et techniques expérimentales qui ont permis de construire les grands modèles théoriques de la biologie (et qui permettent de les faire évoluer) qu'aux conclusions des modèles.

d'éléments déjà connus de l'apprenant, ce que Vygostki appelle la zone proximale de développement. La notion de proximités-en-acte introduite en didactique des mathématiques par Robert et Vandebrouck (2014) permet d'analyser les différents éléments que le chercheur peut trouver dans les pratiques enseignantes mises en œuvre pour rapprocher l'apprenant des savoirs ou des compétences visés par l'enseignement. Ce cadre développé en didactique des mathématiques a été adapté à d'autres champs disciplinaires (de Hosson et al., 2018). Nous proposons donc ici d'adapter ce cadre des proximités-en-acte, afin de rechercher dans le discours des EC les éléments qui pourraient permettre de faciliter l'affiliation des étudiants à la biologie.

PROBLÉMATIQUE

Nous sommes partis de l'hypothèse qu'au-delà du discours notionnel exposé en cours magistral, les EC proposent un second (ou multiple) discours qui participe à aider l'étudiant à s'affilier à leur discipline, c'est-à-dire à guider les étudiants vers les changements d'attitudes et de raisonnement que les EC attendent des étudiants en tant que novices. Nous avons donc cherché à caractériser les types d'éléments d'acculturation disciplinaire qui peuvent être perceptibles dans les discours oraux des EC. Il s'agit ici d'une étude de cas en biologie cellulaire, sous-discipline de la biologie relativement nouvelle pour les étudiants arrivant à l'université.

MÉTHODOLOGIE

Deux EC de biologie cellulaire, dans deux universités françaises différentes, ont accepté de participer à ce projet de recherche. Un entretien a été réalisé auprès de chacun d'eux afin de connaître, notamment, les objectifs qu'ils assignent à leur cours magistral (sur les membranes biologiques) et leur conception concernant la transition secondaire/université, mais aussi de cerner quelques traits de leur identité professionnelle. Ces deux entretiens ont été enregistrés et intégralement retranscrits. Un même sujet de cours magistral a fait ensuite l'objet d'une observation pour chacun des EC et leur discours a été enregistré et retranscrit. C'est dans ces discours que les éléments de proximités-en-acte, censés faciliter les processus d'acculturation disciplinaire des étudiants ou vers le métier d'étudiant, ont été recherchés par analyse catégorielle (annexe), complétée par une analyse lexicométrique (qui permet de dégager des proximités langagières). Ces éléments ont ensuite été mis en regard d'éléments de leur identité professionnelle, reconstruite à partir des entretiens et des objectifs qu'ils ont explicités.

RÉSULTATS

Le discours des deux EC contient des éléments que nous qualifions de proximités-en-acte vers l'acculturation disciplinaire, car ils semblent pouvoir rapprocher les étudiants des normes langagières, des techniques et des modes de raisonnement fréquemment utilisés en biologie cellulaire, c'est-à-dire des éléments qui pourraient faciliter leur affiliation progressive à cette discipline. D'autres éléments semblent pouvoir rapprocher les étudiants vers les méthodes de travail universitaire attendu, participant à l'apprentissage des normes associées au métier d'étudiant en biologie.

Les deux EC mentionnent implicitement comme objectif d'apprentissage certains critères qui pourraient être qualifiés d'éléments d'acculturation, soit vers le métier d'étudiant en général (objectif d'autonomie dans l'apprentissage, de questionnements), soit vers la discipline elle-même (« j'aime l'enseignement en L1, parce que c'est un vrai challenge pour les faire entrer dans la

discipline » entretien avec EC1). Cette acculturation vers la discipline passe par la connaissance des « notions de bases » (entretien avec EC1 et EC2), du vocabulaire (EC2), de rédaction (EC1 et EC2) et d'analyse (EC1), des outils (EC1) et de raisonnement (EC2) et d'attitude (« distinguer les scientifiques des non-scientifiques » EC2).

Le choix du contenu notionnel (la présentation des membranes cellulaires) et l'organisation notionnelle du discours, sont relativement communs aux deux observations de cours et les objectifs cognitifs sont essentiellement identiques (description de la composition, organisation de la structure, propriétés résultantes et dynamique à l'échelle moléculaire). Par contre, il est effectivement possible de trouver un second discours plus personnel dans leur exposé de cours. Dans ce second discours, il est possible de trouver différents types de proximités-en-acte censés faciliter une acculturation disciplinaire (figure 1.).

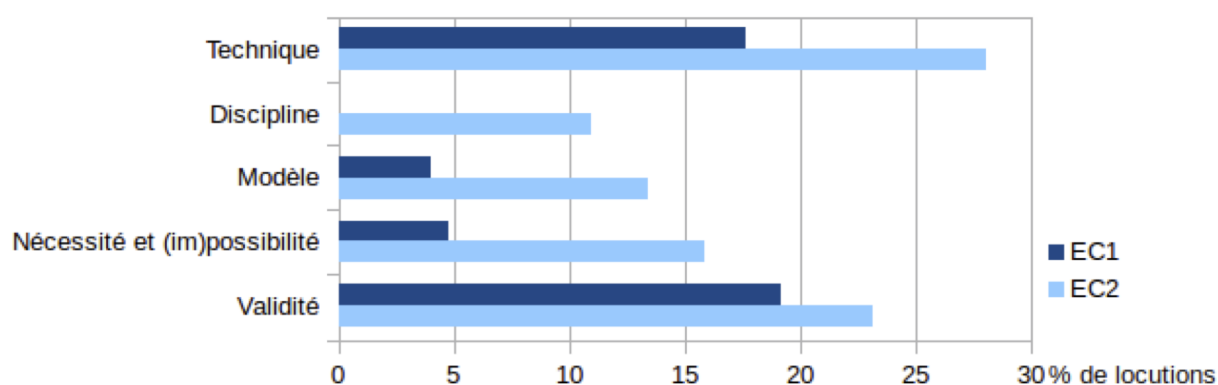


Figure 1. : Dénombrement des différents éléments de proximités-en-acte vers l'acculturation disciplinaire pour les 2 EC pendant leur cours magistral. Les résultats sont donnés en pourcentage de locutions contenant au moins un élément de la catégorie citée. La catégorie « discipline » correspond aux références explicites à des identités disciplinaires.

Les références aux techniques permettant d'étudier le vivant, notamment à l'échelle cellulaire et moléculaire, sont très présentes dans les deux discours. Ces références, qui peuvent être motivées par différents arguments (nature des sciences, développement d'une culture disciplinaire, habitude...), sont susceptibles d'être perçues par l'étudiant comme une aide à l'acculturation aux sous-disciplines, étant donné que celles-ci sont fortement marquées par les pratiques et les techniques de recherche (Becher, 1994). C'est pourquoi elles constituent à priori des proximités-en-acte vers l'acculturation disciplinaire.

De même, les références aux modèles (et aux processus de modélisations), aux nécessités ou impossibilités (théoriques ou pratiques) et aux champs de validités des connaissances, peuvent être perçues par l'étudiant comme une aide à l'acculturation disciplinaire en tant qu'éléments intervenant dans les modes de raisonnement scientifiques en général et en sciences expérimentales en particulier (Tiberghien & Vince, 2005 ; Orange, 2005).

Les proximités-en-actes vers l'acculturation disciplinaire sont plus fréquentes dans le discours de l'EC2 que dans le discours de l'EC1. L'EC2 fait le choix de mettre explicitement certains traits de son identité professionnelle en scène (« en tant que biologiste cellulaire ») et de les confronter à l'identité d'autres collègues (« on se tourne vers les biochimistes »). Cette dichotomie biologie cellulaire / biochimie est aussi présente dans le discours de l'EC1 via l'emploi d'adjec-

tifs (« composition biochimique », « structure cellulaire », par exemple) mais sans référence à une personnification, ni lien vers une identité explicite. Cette différence de positionnement de l'EC dans son propre discours par rapport aux étudiants, est aussi repérable dans la fréquence des usages des pronoms personnels : l'EC2 emploie plus fréquemment « je » et ce pronom est généralement associé à des verbes d'actions correspondant à des comportements attendus en sciences, notamment en sciences expérimentales (je limite, perturbe, peux interpréter, choisis...). L'emploi plus rare du « nous » est en général une manière d'inclure les étudiants dans sa position identitaire par rapport aux biochimistes (« et eux [les biochimistes] ils peuvent nous répondre et nous disent... »).

Les proximités-en-actes vers le métier d'étudiant sont essentiellement des références explicites aux objectifs d'apprentissages, notamment en termes de méthodologie ou compétences, ce qui peut guider les étudiants vers la nature du travail qui est attendu d'eux. Ces références sont essentiellement des explicitations méthodologiques sur les opérations cognitives chez l'EC2, alors qu'elles sont plutôt des aides à la performance vis-à-vis de la résolution d'exercices pour l'EC1. Cette différence pourrait s'expliquer par des positionnements épistémologiques concernant l'acte d'enseigner et le type d'apprentissage recherché.

Au niveau de l'analyse lexicale, les deux discours présentent une richesse de vocabulaire comparable. Les verbes les plus fréquemment utilisés⁴ par les deux EC permettent de révéler, d'une part, une grande diversité d'activités cognitives caractérisant les comportements des scientifiques et en particulier des biologistes et, d'autre part, une diversité (un peu plus faible) d'activités cognitives explicitement attendues des étudiants. Dans la première catégorie, on trouve des verbes associés à l'observation et à la manipulation au monde empirique (« observer », « regarder », « remarquer », « perturber », « récupérer », « obtenir »...), à la création de modèles théoriques explicatifs (« schématiser », « représenter », « expliquer », « proposer », « appeler », « définir ») et des verbes propres au contenu des modèles (« réguler », « interagir »).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les 2 EC enrichissent leur discours d'éléments susceptibles de favoriser l'acculturation disciplinaire et méthodologique des étudiants. Ces derniers éléments ont été un peu plus présents dans le discours de l'EC1 que l'EC2, mais ils restent minoritaires (une dizaine d'événements chacun) par rapport aux éléments disciplinaires. Pour la partie disciplinaire, les 3 axes de l'acculturation (modèles, comportement et normes) sont mobilisés par les deux EC. Cependant, est-ce que les étudiants perçoivent l'ensemble de ces éléments donnés par les EC ? Sont-ils plus sensibles ou attentifs aux éléments faisant références aux comportements (techniques, compétences) ou aux normes, notamment langagières ? Comprennent-ils que cela fait partie de leur formation (même si cela n'est pas toujours évalué ou explicitement indiqué dans les objectifs d'apprentissage) ? Ces questions constituent un grand champ ouvert de recherche.

Dans leur travail utilisant aussi le cadre méthodologique des proximités-en-acte, de Hosson et ses collègues (2018) montrent, qu'à partir de l'analyse des discours de cours (« texte de savoir ») de deux enseignants-chercheurs de physique, il est possible de révéler deux identités professionnelles différentes : l'une marquée surtout par l'épistémologie de la discipline, l'autre marquée par une ambition méthodologique. Ces deux profils pourraient aussi être interprétés comme des priorités différentes entre une volonté d'acculturation des étudiants vers l'identité

4 Au moins 5 fois en 1h30 (EC1) ou 1h10 (EC2) de cours. (voir annexe).

disciplinaire ou vers le métier d'étudiant. Pour l'EC A de physique, sa volonté de « faire penser [les étudiants] par eux-mêmes » est mise en cohérence, par les autrices, avec son discours « sur » la physique. Ce discours de nature épistémologique pourrait servir d'aide à l'acculturation vers les normes disciplinaires. Si l'on cherche à rattacher les deux EC de biologie aux profils identitaires proposés par de Hosson et ses collègues, ceux-ci se rapprochent plutôt du profil épistémologique avec une tendance vers le profil méthodologique, qui est d'ailleurs un peu plus marquée chez l'EC1 que l'EC2. Les composantes (normes, comportements) décrivant l'identité professionnelle et l'acculturation étant en partie commune, il paraît cohérent de pouvoir établir des liens entre les deux. Ainsi, le ou les types d'acculturation valorisé(s) en priorité par les EC, pour le(s)quel(s) ils proposent des éléments de proximité dans leurs discours de cours magistraux, pourrai(en)t servir d'indicateur d'identité professionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Altet, M. (2002). Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : l'analyse plurielle. *Revue française de pédagogie*, 138(1), 85-93. doi :10.3406/rfp.2002.2866
- Becher, T. (1994). The significance of disciplinary differences. *Studies in Higher Education*, 19(2), 151-161. doi:10.1080/03075079412331382007
- Coulon, A. (1997). *Le métier d'étudiant, l'entrée dans la vie universitaire*. Paris : PUF.
- de Hosson, C., Manrique, A., Regad, L. & Robert, A. (2018). Du savoir savant au savoir enseigné, analyse de l'exposition des connaissances en cours magistral de physique : une étude de cas. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 34(1).
- Fave-Bonnet, M.-F. & Annoot, E. (2004). *Pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur – Enseigner, apprendre, évaluer*. Paris : L'Harmattan.
- Flores, F. Tovar, M.E. & Gallego, L. (2003). Representation of the cell and its processes in high school students : An intergrated view. *International Journal of Science Education*, 25(2).
- Paivandi, S. (2015). *Apprendre à l'université*. Bruxelles : de Boeck.
- Rege-Colet, N. & Romainville, M. (2006). *La pratique enseignante en mutation à l'université*. Bruxelles : de Boeck.
- Robert, A. & Vandebrouck F. (2014). Proximités-en-acte mises en jeu en classe par les enseignants du secondaire et ZPD des élèves : analyses de séances sur des tâches complexes. *Recherches en didactique des mathématiques*, 34(2/3), 239-285.
- Romainville, M. (2004). L'apprentissage chez les étudiants. In *Pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur*. Paris : L'Harmattan.
- Romainville, M., Goasdoué, R. & Vantourout, M. (2013). *Évaluation et enseignement supérieur*. Bruxelles : de Boeck.
- Romainville, M. & Michaut, C. (2012). *Réussite, échec et abandon dans l'enseignement supérieur*. Bruxelles : de Boeck.
- van Mil, M. H. W., Boerwinkel, D. J. & Waarlo, A. J. (2013). Modelling molecular mechanisms: a framework of scientific reasoning to construct molecular-level explanations for cellular behaviour. *Science & Education*, 22(1), 93-118. doi :10.1007/s11191-011-9379-7

ANNEXES

PROXIMITÉS EN ACTES VERS « L'ACCULTURATION DISCIPLINAIRE »

Catégorie	Exemples
Référence à des techniques expérimentales (outils et méthodologique) - technique d'analyses - technique d'observation - raisonnement expérimental (observation, interprétation, conclusion, comparaison...)	« les techniques d'observation » (EC1) « la microscopie » (EC2) « c'est comme ça qu'on sépare et qu'on repère des protéines » (EC2)
Référence explicite à une discipline ou sous-discipline	« je suis biologiste cellulaire » (EC2)
Référence à des modèles et la modélisation	« c'est un bon modèle cellulaire » (EC1) « modèle absolument parfait » (EC2)
Référence à des nécessités et à des (im)possibilités	« il faut pouvoir observer » (EC1) « ce qui permet l'existence d'une cellule c'est sa membrane » (EC2)
Référence aux champs de validité	« généraliser » « spécifiquement » (EC1) « une cellule c'est pas forcément tout petit c'est pas forcément micrométrique » (EC2)

PROXIMITÉS EN ACTES « VERS LE MÉTIER D'ÉTUDIANT »

Catégorie	Exemples
Référence à des méthodes de travail universitaire, à l'examen	« dans les exercices dans les analyses d'expérience demandez-vous si » (EC1) « vous êtes capable de lire un résultat d'électrophorèse » (EC2) « c'est le boulot qui vous attend » (EC2)

La délimitation des éléments trouvés n'étant pas toujours évidente, notamment dans le cas de référence filée, la décision a été prise de compter non pas le nombre d'occurrences par type d'élément mais le nombre de locutions dans lesquelles on trouve au moins une référence par type d'élément. Le texte du discours est, pour les 2 EC, fréquemment interrompu par des interventions étudiantes spontanées ou sollicitées par le EC, ce qui structure et délimite régulièrement les locutions (125 locutions pour 82 minutes de parole (EC1) vs 82 locutions pour 66,5 minutes de parole (EC2)).

L'USAGE DES PRONOMS PERSONNELS DANS LE DISCOURS DES EC

	« je »	« on »	« nous »	« vous »
EC1	75	148	4	245
EC2	184	151	9	296

Table : Nombre d'occurrence des pronoms personnels dans le discours des EC.

LISTES DES PRINCIPAUX VERBES ACTIFS

Forme active EC1	1	2	Forme active EC2	1	2
accrocher			accrocher		
agir	*		appeler	*	
appeler	*		arriver		
apprendre		*	augmenter		
arriver			bouger		
attirer			changer	*	
bouger			coller		
cliver	*		commencer		
commencer			constituer	*	
composer	*		contenir		
comprendre	*	*	définir	*	
connaître		*	demander	*	*
constater	*		déplacer		
coucher			diminuer		
décrire	*		donner		
délimiter	*		essayer		
demander	*	*	étaler		
dénaturer	*		étudier	*	
donner			exister		
essayer			expliquer	*	*
établir	*		figer	*	
étudier	*		greffer	*	
expliquer	*	*	interagir	*	
extraire	*		intéresser	*	
illustrer			jouer		
insérer	*		maintenir	*	
interagir	*		marcher		
intéresser	*		mettre		
interroger	*	*	montrer	*	
mettre			partir		
observer	*		passer		
obtenir	*		permettre	*	
partir			perturber	*	
passer			poser		
penser	*		prendre		
permettre	*		proposer	*	
poser			rajouter		

prendre			rappeler		
présenter			recupérer	*	
rappeler			regarder	*	
recupérer	*		réguler	*	
regarder	*		remarquer	*	
représenter	*	*	représenter	*	*
rester			rester		
résulter	*		retenir		*
revenir			revenir		
schématiser	*	*	trouver	*	
souvenir		*	utiliser		
trouver	*		venir		
utiliser			voir	*	
venir					
voir	*				

La catégorie 1 correspond aux verbes d'actions pouvant refléter une activité cognitive d'un chercheur en biologie. La catégorie 2 correspond aux actions explicitement attendues des étudiants. Certains verbes sont dans les deux catégories, en fonction de leur contexte d'utilisation.

L'APPROPRIATION DE MODÈLES PRÉCURSEURS PAR DES PROFESSEURS POUR ENSEIGNER LES SCIENCES EN MATERNELLE LE CAS DES OMBRES

Danai Arnantonaki¹, Jean-Marie Boilevin¹, Konstantinos Ravanis²

1 : Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique (CREAD)

Université de Bretagne Occidentale [UBO] : EA3875

2 : Department of Educational Sciences and Early childhood Education, University of Patras

Résumé : Cette communication présente une recherche centrée sur l'étude de la manière dont les enseignants de l'école maternelle en France s'approprient des dispositifs didactiques visant la construction d'un modèle précurseur. Disposant d'un modèle précurseur à propos de la formation des ombres, construit par des études antérieures, nous mettons en place une ingénierie collaborative pour observer et analyser dans quelle mesure des enseignants peuvent se l'approprier pour enseigner à leurs élèves. L'analyse d'une partie des données, basée sur la Théorie Anthropologique du Didactique de Chevallard, montre qu'au niveau de la planification, les praxéologies sont adaptées au modèle précurseur. Par contre, au niveau de la réalisation des activités didactiques le déroulement et la gestion de la classe n'obéissent pas aux contraintes qui se posent dans le cadre d'un modèle précurseur pour les ombres.

Mots-clés : modèle précurseur, théorie anthropologique du didactique, maternelle, ombres, recherche collaborative.

THE APPROPRIATION OF PRECURSOR MODELS BY TEACHERS TO TEACH SCIENCE IN KINDERGARTEN THE CASE OF SHADOWS

Abstract : This paper focuses on the way kindergarten teachers in France appropriate educational tools to construct a precursor model. We use an already conceived precursor model from previous studies and a methodology inspired of design-based research studies in order to observe and analyze at which point teachers can appropriate this model to teach in class. From a methodological point of view, we have formed a group of five voluntary teachers in order to construct a teaching intervention about shadows implemented by one member or the group. The analysis of one part of the collected data, based on Chevallard's anthropological theory of the didactic, underlines that regarding the preparation of the teaching intervention, teachers' praxeology is adapted to the precursor model. However, concerning the implementation of the teaching intervention, the progress of this intervention and the classroom management don't seem to go along with the framework of the precursor model of shadows.

Keywords : precursor model, anthropological theory of the didactic, kindergarten, shadow, design-based research

INTRODUCTION

Face au phénomène de la désaffection pour les études scientifiques, de nombreux rapports ont été publiés en France et au niveau international (Boilevin, 2014). Nous nous penchons sur des nouvelles manières d'enseigner les sciences à l'école maternelle en collaboration avec les enseignants afin de les rendre plus compréhensibles et plus attractives pour tous les élèves. Nous partons de l'idée que l'enseignant a un rôle important au sein d'une classe de maternelle mais que souvent, il ne se sent pas à l'aise avec l'enseignement des sciences auprès des jeunes enfants. Nous souhaitons observer comment les enseignants s'approprient des ressources et des modèles didactiques que nous leur fournissons, pour construire en groupe un enseignement sur la lumière et les ombres.

Eshach et Fried (2005) ont montré que les enfants acquièrent des connaissances sur les phénomènes et différentes notions, à travers leurs expériences de la vie quotidienne. Ces idées sont personnelles et stables, et elles peuvent souvent influencer l'apprentissage des sciences (Driver *et al.*, 1985 ; Papandreou & Terzi, 2011). Pour cette raison, on remarque aujourd'hui que de nombreuses recherches portent sur les représentations spontanées des enfants. Selon plusieurs auteurs, ces dernières doivent être le point de départ pour leur enseigner certains phénomènes scientifiques (Kalogiannakis *et al.*, 2018 ; Kaltakci-Gurel *et al.*, 2017). De plus, la question des représentations n'est pas seulement un sujet étudié par les didacticiens, mais aussi par les épistémologues (Bachelard, 1938) et les psychologues (Vygotski, 1962 ; Wallon, 1968). Dans cette perspective, au fil des années, les recherches en didactique ont mis à jour plusieurs études par rapport à la pensée des enfants, laquelle est souvent incompatible avec la pensée scientifique.

Weil-Barais et Lemeignan (1993) ont proposé l'idée du modèle précurseur, comme intermédiaire entre représentations des enfants et modèles scientifiques, pour construire des interventions didactiques. Nous nous intéressons à l'utilisation pratique de ce concept par les enseignants et à son utilisation comme un support théorique pour l'enseignement des ombres à l'école maternelle pour ce présent travail. En même temps, nous nous intéressons d'une manière plus générale à l'utilisation d'un modèle précurseur comme une procédure à suivre pendant la préparation des interventions didactiques en sciences, à l'école maternelle. Le modèle précurseur facilite-t-il le travail des enseignants ? Dans quelle mesure ceux-ci peuvent-ils s'approprier un tel modèle pour la préparation de leurs cours ?

CADRE THEORIQUE

Dans cette partie nous présentons le concept du modèle précurseur et plus particulièrement, un modèle précurseur sur les ombres. Ensuite, nous faisons référence à la notion des praxéologies qui est utilisée pour l'analyse de nos données.

LE CONCEPT DE MODÈLE PRÉCURSEUR

Il s'agit d'un concept, vu comme un intermédiaire entre les connaissances disponibles chez les élèves et le savoir scientifique visé dans l'enseignement qui semblerait efficace pour le progrès cognitif et l'évolution des conceptions des élèves. « Il s'agit de modèles préparant l'élaboration d'autres modèles. En conséquence, les modèles précurseurs comportent un certain nombre d'éléments caractéristiques des modèles savants vers lesquels ils tendent » (Lemeignan & Weil-Barais, 1993, p. 26). Les recherches menées autour de ce concept permettent de

penser les enseignements et les apprentissages à visée scientifique, en conciliant exigences épistémologiques et contraintes spécifiques de niveau scolaire. Dans la plupart de ces travaux (Arnantonaki, 2016 ; Canedo-Ibarra *et al.*, 2010 ; Delserieys *et al.*, 2018 ; Kambouri-Danos *et al.*, 2019), l'accent est mis sur les apprentissages des élèves et les méthodologies mises en œuvre, reposent le plus souvent sur des pré-tests et des post-tests pour évaluer les évolutions des connaissances des élèves après avoir suivi une intervention didactique s'appuyant sur un modèle précurseur. De ce fait, ces études documentent très peu la manière dont les enseignants s'approprient ces dispositifs didactiques.

LE MODÈLE PRÉCURSEUR SUR LES OMBRES

Delserieys *et al.* (2018) proposent un modèle précurseur pour la formation des ombres dans la pensée des enfants de 5 à 6 ans (annexe1). Les éléments constitutifs du modèle sont les suivants :

1. un objet opaque bloque la lumière provenant d'une source lumineuse ;
2. une ombre a la même forme que l'objet opaque sur lequel on projette de la lumière ;
3. plusieurs sources lumineuses forment plusieurs ombres.

En analysant la différence entre le post- test et le pré-test, avant et après une intervention didactique basée sur un modèle précurseur sur les ombres, ces auteurs montrent l'effet positif concernant la compréhension du phénomène par les élèves.

PRAXÉOLOGIES

La Théorie Anthropologique du Didactique (Chevallard, 1991 ; 2017) repose sur plusieurs postulats qui permettent de définir la notion de praxéologie. Une praxéologie est ainsi constituée de deux blocs. Le bloc de la praxis considère que toute activité humaine peut être décomposée en une succession de tâches d'un certain type ou de genres de tâches. De plus, l'accomplissement de tâches d'un type donné suppose la mise en œuvre d'une certaine technique. Cette manière de faire, cette technique, doit être construite et ne constitue pas une donnée « naturelle » ne devant rien à la culture. Une praxéologie est constituée d'un second bloc, le bloc du logos ou du discours raisonné. Celui-ci comporte une technologie, c'est-à-dire un discours visant à justifier « rationnellement » la technique, elle-même justifiée grâce à la théorie, dernier élément du bloc du logos.

« Il est bon de considérer que, quelque incomplète qu'elle paraisse, toute praxéologie engagée dans une action humaine comporte bien ces quatre composantes, et que celles-ci sont actives ou peuvent, dans certaines circonstances, le devenir » (Chevallard, 2017, p. 37). On parle alors d'organisation praxéologique. Ce concept permet ainsi de réaliser des analyses didactiques a priori (analyse des gestes didactiques et des praxéologies didactiques sous-jacentes qui pourraient être mises en œuvre) et a posteriori (analyse des gestes didactiques et des praxéologies didactiques sous-jacentes mises en œuvre) de systèmes didactiques.

QUESTION DE RECHERCHE

Nous pouvons alors formuler notre question de recherche ainsi : quelles sont les praxéologies didactiques repérables lorsque des professeurs des écoles cherchent à faire construire par leurs élèves de Grande Section un modèle précurseur pour les ombres ?

METHODOLOGIE

D'un point de vue méthodologique, nous nous appuyons sur les principes du Design Based Research (Amiel & Reeves, 2008 ; Sanchez & Monod-Ansaldi, 2015). Pour ce faire, nous avons constitué un groupe d'enseignants volontaires afin de mettre en place cette recherche collaborative qui s'étire sur deux années. Plus précisément, le groupe comporte quatre professeurs des écoles chargés d'une classe de maternelle, une professeure des écoles en cycle 2, diplômée en Sciences Physiques et une chercheure.

RECUEIL DES DONNÉES

Nous avons d'abord rencontré les enseignants individuellement pour effectuer des entretiens semi directifs enregistrés concernant leurs études, leurs pratiques par rapport à l'enseignement des sciences à l'école maternelle, ainsi que leur avis sur le programme scolaire et la formation par rapport aux sciences en cycle 1. Ensuite, nous leur avons fourni un article scientifique concernant le concept de modèle précurseur (Ravanis, 2010) ainsi qu'un texte concernant ce concept tiré d'une revue pédagogique (Boilevin *et al.*, 2016). Dans le but d'observer comment ils se servent notamment du modèle précurseur pour mettre en œuvre un enseignement dans une situation de classe réelle, nous leur avons fourni également un cahier des charges concernant la construction de la séquence. Ce dernier précise que chaque séance doit comporter seulement un objectif principal qui fera partie des objectifs du modèle précurseur et que toutes les activités proposées sont créées à partir de cet objectif. Il mentionne de plus que le modèle précurseur est structuré de telle façon que chaque séance est importante pour arriver au résultat final. Il précise également que l'évaluation permet de tester si le modèle précurseur a eu une influence positive, en termes d'apprentissage, du phénomène étudié. En ce qui concerne le type d'activités, nous avons expliqué qu'il était souhaitable de mettre en avant des activités liées à l'expression corporelle des enfants. En effet, selon Pantidos, Herakleioti et Chachlioutaki (2017), quand on analyse les gestes des enfants concernant le phénomène des ombres, on peut tirer des conclusions plus riches que quand on analyse juste leur discours verbal.

Nous avons alors effectué une réunion de travail collectif que nous avons enregistrée où la chercheure a introduit le concept du modèle précurseur et l'enseignante diplômée en Sciences Physiques a introduit des connaissances autour des notions de lumière et de formation des ombres. Puis, les quatre professeurs des écoles ont dialogué pour construire ensemble une séquence d'enseignement pour les élèves de 5 à 6 ans, comportant deux séances d'enseignement sur les ombres. Un des enseignants (P) a mis la séquence en œuvre dans sa classe, séquence que nous avons filmé en utilisant trois caméras sur pied et une caméra action. Nous avons, de plus, construit un guide d'analyse (annexe 2) de ces films d'étude (Sensevy, 2012) reliant les objectifs d'un modèle précurseur sur les ombres, les objectifs des tâches proposées par les enseignants et les activités réellement réalisées par l'enseignant. Nous avons présenté ce guide à l'enseignant P et nous lui avons demandé de regarder la vidéo de chaque séance et de compléter les tableaux inclus dans le guide.

ANALYSE DES DONNÉES

Pour analyser nos données, nous repérons les traces d'appropriation du modèle précurseur dans les scénarios de classe construits par le collectif ainsi que dans la réalisation effective dans la classe de l'enseignant P. Pour cela, nous nous appuyons sur les transcriptions des enregistrements audios des entretiens individuels et de la réunion du groupe, sur les fiches de préparation et les tableaux d'analyse réalisés par P, ainsi que sur les synopsis des séances que nous

construisons à partir des données vidéoscopiques.

Nous étudions l'ensemble de ces données à l'aide du concept de praxéologie. Cela nous permet de réaliser ainsi une analyse didactique a priori et une autre a posteriori.

PREMIERS RESULTATS

Inspirés par le travail de Sanchez *et al.* (2017), nous souhaitons retrouver les éléments de praxis et de logos dans le discours et les propositions des enseignants, ainsi que dans les gestes et les discours de P dans sa classe. Pour cela, nous construisons une grille d'analyse a priori permettant la caractérisation des praxéologies, guidée par les éléments suivants :

- la tâche (quoi ?) : ce qui devrait être fait en classe par l'enseignant ;
- la technique utilisée pour effectuer la tâche (comment ?) : comment les enseignants feront-ils pour effectuer la tâche ?
- la technologie, c'est-à-dire la justification de la technique (pourquoi ?) : pourquoi choisir telle technique pour effectuer telle tâche ? Pourquoi cette tâche devrait-elle être accomplie ? Et pourquoi de cette façon ?
- la théorie (pourquoi le pensons-nous ?) : pourquoi les enseignants pensent que cette tâche devait être accomplie de cette façon ? peut-on identifier les hypothèses théoriques sous-jacentes ?

Le but de cette analyse est finalement de déterminer si, d'une part, les tâches proposées et les activités envisagées (praxis) sont potentiellement efficaces en termes d'apprentissage pour la construction d'un modèle précurseur dans la pensée des enfants et, si d'autre part, les enseignants ont pu s'approprier certains des outils théoriques qu'ils ont eu à leur disposition (logos). Pour l'analyse a posteriori, nous nous appuyons sur les synopsis des deux séances de classe pour identifier les tâches et les techniques effectivement mises en œuvre et les grilles complétées par l'enseignant pour reconstruire les organisations praxéologiques effectives de cet enseignant.

Nous présentons, à titre d'exemple, l'organisation praxéologique de la première séance pour illustrer l'analyse a priori des scénarios de classe (tableau 1) et l'organisation praxéologique effective (analyse a posteriori : tableau 2).

Type de tâche T	Technique τ	Technologie θ	Théorie Θ
Recueil des conceptions des élèves	Question posée : « Pour vous, qu'est-ce que l'ombre ? » Noter les réponses sur une affiche collective	Pratique habituelle des enseignants	
Accompagner les élèves dans la cour de l'école et vérifier que les élèves respectent les consignes	L'enseignant invite les élèves à travailler en binômes à deux moments différents de la journée pour travailler avec le contour de l'ombre Observation du résultat L'enseignant fait le tour et demande aux élèves d'expliquer ce qu'ils ont fait	Expérience précédente d'un enseignant du groupe	L'ombre en tant que phénomène physique Évolution de la forme de l'ombre dans la journée Propagation rectiligne de la lumière
L'enseignant demande à l'ensemble des élèves de faire un retour sur l'expérience	Échange oral Noter les réponses sur une affiche collective	Pratique habituelle des enseignants	

Tableau 1. : Organisation praxéologique séance 1

Type de tâche T	Technique τ	Technologie θ	Théorie Θ
Recueil des conceptions des élèves	Question posée : « Qu'est-ce que c'est, pour vous, une ombre ? »	La question posée par l'enseignant lui permet de porter attention aux mots utilisés par les élèves et ainsi analyser en direct leur représentation	Propagation rectiligne de la lumière non énoncée, à mettre en relation avec les séances précédentes pour que les enfants constatent le phénomène
Accompagner les élèves dans la cour de l'école le matin Vérifier que les élèves respectent les consignes	Consignes + exemple de la part de l'enseignant L'enseignant invite les élèves à travailler en binômes L'enseignant demande une première fois que les élèves fassent le contour de l'ombre de leur binôme pour pouvoir le comparer avec un deuxième contour fait dans le même endroit plus tard dans la journée	Aucun questionnement sur les ombres avant de tracer le contour L'enseignant incite les élèves à l'imiter pour réussir la tâche	Comprendre le rôle du soleil et l'emplacement de notre corps pour la formation des ombres Présence d'un adulte importante pour l'exécution de la tâche
L'enseignant rassemble les élèves dans un grand groupe pour discuter par rapport à l'expérience précédente	Echange oral entre élèves et professeur à propos de la formation des ombres Questions posées par l'enseignant à un élève précis pour analyser la tâche accomplie L'ombre de l'enseignant comme exemple pour l'échange avec tous les élèves	Questions liées aux réponses données à la première tâche (représentations initiales) Quand les élèves n'arrivent pas à donner une réponse cohérente, l'enseignant ne la donne pas à leur place	Comprendre le rôle du soleil et l'emplacement de notre corps pour la formation des ombres
Accompagner les élèves dans la cour de l'école pendant l'après-midi Vérifier que les élèves respectent les consignes	Consignes données par l'enseignant L'enseignant invite les élèves à travailler avec le même binôme et à se placer dans le même endroit que le matin L'enseignant accompagne tous les binômes dans la réalisation de la tâche	Présence d'un adulte importante pour l'exécution de la tâche	Comprendre le rôle du soleil et l'emplacement de notre corps pour la formation des ombres

L'enseignant rassemble les élèves dans un grand groupe dans le même coin de la cour, comme pendant la tâche précédente, pour discuter avec les élèves par rapport à l'expérience vécue précédemment	Question posée par l'enseignant pour relancer l'échange oral : « Si vous vous êtes remis au même endroit qu'est-ce qui a changé ? » L'enseignant demande une définition pour l'ombre	L'enseignant utilise cette technique pour mettre l'accent sur le changement de la position de l'ombre par rapport au soleil	L'enseignant considère que l'ombre est un concept plus familier aux élèves (et à l'enseignant) que la lumière
---	---	---	---

Tableau 2. : Organisation praxéologique effective de la séance 1

DISCUSSION - CONCLUSION

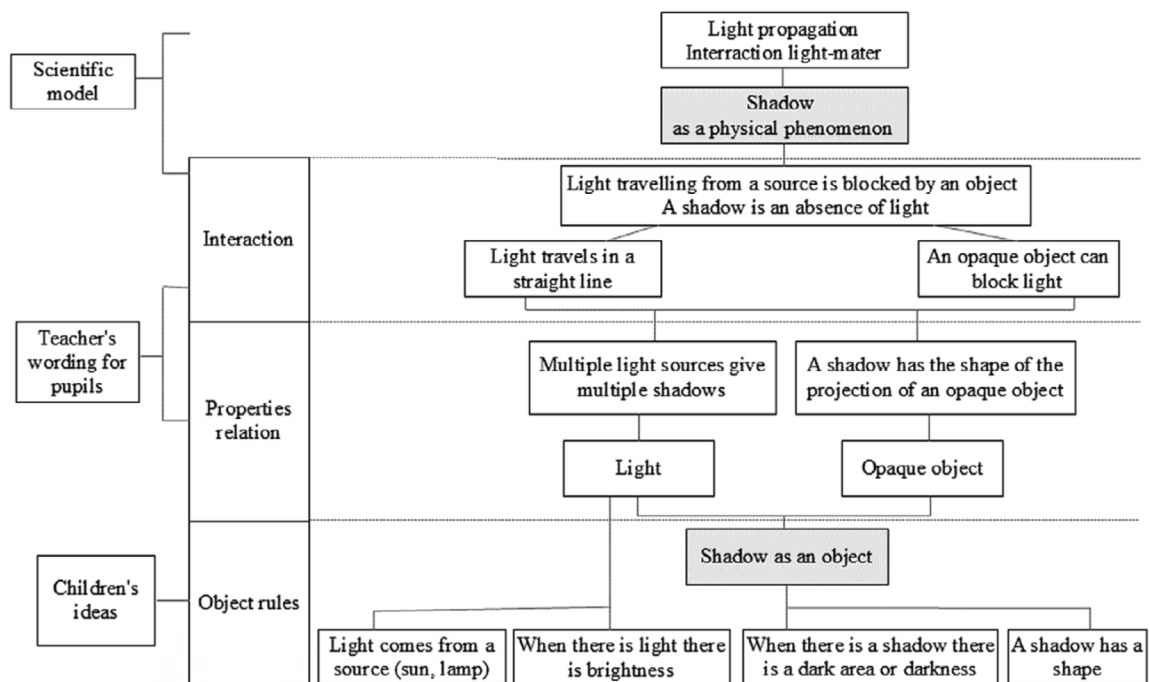
L'analyse d'une partie des données, basée sur la Théorie Anthropologique du Didactique, montre qu'au niveau de la planification, les praxéologies sont adaptées au modèle précurseur. Plus précisément, nous repérons des éléments du modèle précurseur pour la formation des ombres tels que la propagation rectiligne de la lumière et la notion d'ombre en tant que phénomène physique. À contrario, au niveau de la réalisation des activités didactiques, le déroulement et la gestion de la classe n'obéissent pas aux contraintes qui se posent dans le cadre d'un modèle précurseur pour les ombres. Il s'avère qu'il n'y a aucune référence à la propagation rectiligne de la lumière par l'enseignant et que celui-ci n'introduit aucun questionnement sur les ombres pour que les élèves arrivent à effectuer la tâche qu'il propose. Ces derniers sont plutôt incités à imiter l'enseignant. Selon les déclarations de l'enseignant, son objectif est de faire construire le modèle précurseur par les élèves. À la fin de la séquence, les élèves semblent être en difficulté et l'enseignant affirme qu'il souhaiterait améliorer et répéter la séquence l'année scolaire suivante.

BIBLIOGRAPHIE

- Amiel, T. & Reeves, T. C. (2008). Design-Based Research and Educational Technology: rethinking Technology and the research agenda. *Journal of Educational Technology & Society*, 11(4), 29-40.
- Arnantonaki, D. (2016). Un modèle précurseur sur la lumière pour les élèves de 10 à 11 ans : cadres théoriques et méthodologiques. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(1), 74-83.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Boilevin, J.- M. (2014). Désaffection pour les études scientifiques et recherche en éducation scientifique. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 8(2), 5-23.
- Boilevin, J. M., Delserieys, A., Jameau, A., Jegou, C. & Ravanis, K. (2016). Un cadre précurseur pour enseigner les sciences en maternelle. Cahiers pédagogiques, 533.
Retrieved from <https://www.cahiers-pedagogiques.com/Un-cadre-precurseur-pour-enseigner-les-sciences-en-maternelle>.
- Canedo-Ibarra, S. P., Castelló-Escandell, J., García-Wehrle, P. & Morales-Blake, A. R. (2010). Precursor models construction at preschool education: an approach to

- improve scientific education in the classroom. *Review of Science, Mathematics & ICT Education*, 4(1), 41-76.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (2017). La TAD et son devenir : rappels, reprises, avancées. *Actes du 4e Congrès International sur La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD)*. Retrieved from <https://citad4.sciencesconf.org>.
- Delserieys, A., Jégou, C., Boilevin, J. M. & Ravanis, K. (2018). Precursor model and preschool science learning about shadows formation. *Research in Science & Technological Education*, 36(2), 147-164.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press.
- Eshach, H. & Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood ? *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315-336.
- Kalogiannakis, M., Ampartzaki, M., Papadakis, S. & Skaraki, E. (2018). Teaching natural science concepts to young children with mobile devices and hands-on activities. A case study. *International Journal of Teaching and Case Studies*, 9(2), 171-183.
- Kaltakci-Gurel, D., Eryilmaz, A. & Mc Dermott, L. C. (2017). Development and application of a four-tier test to assess pre-service physics teachers' misconceptions about geometrical optics. *Research in Science & Technological Education*, 35(2), 238-260.
- Kambouri-Danos, M., Ravanis, K., Jameau, A. & Boilevin, J. M. (2019). The water state changes in 5-6 years old children's thinking: the construction of a precursor model. *Early Childhood Education Journal*, 47(4), 475-488.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique : l'enseignement de la mécanique*. Paris : Hachette.
- Pantidos, P., Herakleioti, E. & Chachlioutaki, M. E. (2017). Reanalysing children's responses on shadow formation: a comparative approach to bodily expressions and verbal discourse. *International Journal of Science Education*, 39(18), 2508-2527.
- Papandreou, M. & Terzi, M. (2011). Exploring children's ideas about natural phenomena in kindergarten classes: designing and evaluating «eliciting activities». *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 5(2), 27-47.
- Ravanis, K. (2010). Représentations, Modèles Précurseurs, Objectifs-Obstacles et Médiation-Tutelle : concepts-clés pour la construction des connaissances du monde physique à l'âge de 5-7 ans. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 5(2), 1-11.
- Sanchez, É. & Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d'enseignement-apprentissage. *Éducation et Didactique*, 9(2), 73-94.
- Sanchez, É., Monod-Ansaldi, R., Vincent, C. & Safadi-Katouzian, S. (2017). A praxeological perspective for the design and implementation of a digital role-play game. *Education and Information Technologies*, 22(6), 2805-2824.
- Sensevy, G. (2012). About the joint action theory in didactics. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(3), 503-516.
- Vygotsky, L.S. (1962). *Thought and Language*. Cambridge Ma: MIT Press.

ANNEXE 1 : PRÉSENTATION DU MODÈLE PRÉCURSEUR SUR LA FORMATION DES OMBRES (DELSERIEYS ET AL., 2018)



ANNEXE 2 : GUIDE D'ANALYSE DES VIDÉOS

Afin de procéder à l'analyse des vidéos de classe, nous faisons un rappel de l'objectif du projet. Nous voulons proposer un enseignement sur les ombres basé sur un modèle précurseur (article envoyé avant la première rencontre et expliqué au début de notre réunion). Un modèle précurseur se situe entre les connaissances préalables des élèves et le modèle savant concernant le phénomène étudié.

Dans notre cas, selon Ravanis, un modèle précurseur chez les enfants de 5 à 7 ans pour la construction des phénomènes optiques élémentaires comporte deux notions :

(a) La lumière conçue comme une entité distincte et autonome dans l'espace qui se déplace et peut interagir avec les objets. Il convient aussi de distinguer la lumière elle-même et les sources lumineuses.

(b) La formation des ombres conçue comme le produit d'un mécanisme d'obstruction de la lumière par les objets opaques.

La grille d'analyse que nous proposons est divisée en deux parties. D'un côté nous souhaitons analyser les tâches proposées par le groupe pour la séquence d'enseignement par rapport aux objectifs du modèle précurseur. D'un autre côté, nous analysons les activités qui sont réalisées

dans la classe par rapport aux tâches proposées dans la fiche de préparation. Donc, pour chacune des 4 séances nous analysons avec l'aide de la grille suivante :

Première séance

Tableau 1. Modèle précurseur - fiche de préparation

Axes d'observation	Points d'appui	Points qui interrogent
Objectifs du modèle précurseur		
Objectifs de 1ère tâche		
Objectifs de la 2ème tâche		
Objectifs de la 3ème tâche		
Objectifs de la 4ème tâche		
Objectifs des tâches + Description de tâche		
Commentaires personnels		

Tableau 2. Fiche de préparation - séance dans la classe

Axes d'observation	Points d'appui	Points qui interrogent
Objectifs des tâches proposées		
Objectifs réalisés en classe de la 1ère activité		
Objectifs réalisés en classe de la 2ème activité		
Objectifs réalisés en classe de la 3ème activité		
Objectifs réalisés en classe de la 4ème activité		
Commentaires personnels		

Dans le cas où il n'y aurait pas de correspondance entre les objectifs, vous formulez une hypothèse pour en expliquer la raison.

L'ENSEIGNEMENT DE L'ENTROPIE AU PREMIER CYCLE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DANS LA PERSPECTIVE DE LA THÉORIE DU CHANGEMENT CONCEPTUEL

Vincent Natalis ¹, Bernard Leyh ¹
1 : Université de Liège

Résumé : La théorie du changement conceptuel examine comment les structures conceptuelles se transforment au cours de situations didactiques. Dans ce cadre, l'identification de conceptions alternatives et leur remplacement par des conceptions scientifiquement admises, jouent un rôle essentiel. L'entropie et le second principe de la thermodynamique sont abordés par la plupart des étudiants STEM lors de leur première année d'études supérieures. Il s'agit de concepts centraux vis-à-vis desquels les étudiants développent beaucoup de conceptions alternatives. Dans cette communication, nous présentons et analysons des résultats d'identification et d'évolution de telles conceptions chez des étudiants de première année à l'université en chimie, géologie et pharmacie, à l'aide d'un prétest et d'un posttest encadrant un cours de chimie d'un semestre, basé sur une approche essentiellement macroscopique de la thermodynamique.

Mots-clés : changement conceptuel, préconceptions, entropie, thermodynamique

TEACHING ENTROPY AT BACHELOR LEVEL IN CONCEPTUAL CHANGE PERSPECTIVE

Abstract : Conceptual change theory aims at rationalizing how conceptual structures are transformed in didactic situations. In this context, the identification of misconceptions and their replacement by scientifically accepted ones play an essential role. Entropy and the second law of thermodynamics are taught to most STEM students in their first year of graduate studies. These are central concepts on which students develop many misconceptions. In this paper, we present and analyze results on the identification and evolution of such conceptions in first-year university students in chemistry, geology and pharmacy, using a pre-test and a posttest, respectively before and after a one-semester chemistry course based on an essentially macroscopic approach to thermodynamics.

Keywords : conceptual change, misconceptions, entropy, thermodynamics

INTRODUCTION ET CADRAGE THÉORIQUE

L'existence de conceptions alternatives chez les étudiants est reconnue comme un des éléments-clés à prendre en considération dans toute démarche didactique (Üce & Ceyhan, 2019). Une conception est « un ensemble de connaissances ou de procédures hypothétiques que le chercheur attribue à l'élève dans le but de rendre compte des conduites de l'élève dans un ensemble de situations données. Cet ensemble de connaissances ou procédures hypothétiques doit aussi être trouvé chez plusieurs élèves pour constituer une conception » (Tiberghien & Vince, 2005). Il importe également de distinguer « concept » et « conception » (Ezcurdia, 1998). Si un concept est « une construction rendant compte de caractéristiques communes à un ensemble d'objets, de faits ou de phénomènes » (Beaudry, 2012), la conception qu'un sujet, par exemple un étudiant, a de ce concept renvoie à la manière dont il se l'approprie, ce qui ouvre la voie à des conceptions que l'on peut qualifier d'alternatives. On entendra ainsi par conception alternative, tout raisonnement mobilisé par l'étudiant qui n'est pas conforme à la conception scientifiquement admise.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre théorique du changement conceptuel, dont existent plusieurs courants ou sensibilités, représentés, entre autres, par Vosniadou (Vosniadou, 2019), diSessa (diSessa & Sherin, 1998) ou Stavy & Tirosh (Stavy & Tirosh, 2000). La place qu'occupe la recherche de cohérence dans le développement de cadres explicatifs, constitue une zone de tension du changement conceptuel. Dans ce cadre, il est supposé que les étudiants abordent un contenu d'enseignement avec des conceptions alternatives, naïves, fausses ou incomplètes et que l'objectif pédagogique est de les remplacer par des conceptions scientifiquement fondées. Pour identifier les conceptions alternatives, on peut utiliser deux méthodes : les interviews d'étudiants ou les questionnaires (Van Overmeir, 2019). Les questionnaires sont conçus en proposant aux élèves, en plus de la réponse correspondant à la conception scientifiquement fondée, plusieurs distracteurs cohérents avec des conceptions alternatives identifiées ou attendues sur la base de la littérature scientifique ou de l'analyse critique de manuels d'enseignement. Parmi les grands thèmes de la chimie physique, notre recherche se focalise sur un des aspects fondamentaux de la thermodynamique : l'entropie et le second principe. Ce sujet présente, entre autres, deux caractéristiques didactiques dignes d'intérêt :

- d'un point de vue physique, l'entropie émerge à partir de faits au niveau atomique et moléculaire, ce que nous appellerons l'échelle microscopique, mais, historiquement, le concept est né dans le cadre macroscopique de la thermodynamique classique. Cette dichotomie se traduit aussi au niveau pédagogique par deux approches typiques, microscopique ou macroscopique. La confrontation de ces deux approches peut générer des conflits cognitifs, c'est-à-dire des situations où les conceptions des apprenants sont déstabilisées face à des contradictions réelles ou apparentes (Limón, 2001). Ces conflits, dont on souhaite qu'ils puissent susciter et induire un changement conceptuel, ne sont toutefois pas nécessairement résolus, même après un cours introductif abordant explicitement la question (Haglund, Andersson & Elmgren, 2015) (Bennett & Sözbilir, 2007) ;
- il s'agit d'une matière transversale, abordée en physique, en chimie, en biologie, en ingénierie et en sciences de l'information, avec leurs spécificités et complémentarités (Raff & Cannon, 2019).

Parmi les différentes conceptions alternatives identifiées dans la littérature, nous pointerons les suivantes. Elles sont à mettre en relation avec les caractéristiques épistémiques de l'entropie (Annexe 1).

- L'étudiant affirme que l'entropie, le désordre et le désordre visuel sont la même chose et peuvent être utilisés de façon interchangeable (Bennett & Sözbilir, 2007).
- L'étudiant connecte mal l'entropie du système et les changements d'entropie de l'environnement (Bennett & Sözbilir, 2007).
- L'étudiant pense que l'entropie d'un système isolé diminue ou ne change pas, lorsqu'un processus spontané s'y déroule (Bennett & Sözbilir, 2007).
- L'étudiant connecte mal l'entropie du système et l'énergie cinétique des particules (Johnstone, 1991).
- L'étudiant considère que l'entropie est une quantité qui se conserve dans un processus spontané (Christensen, Meltzer, & Ogilvie, 2009).

Le triangle de Johnstone (Johnstone, 1991) est une clé d'analyse du problème posé par l'appropriation du concept d'entropie. L'interconnexion de trois points de vue – macroscopique, microscopique et représentationnel – génère des obstacles cognitifs spécifiques à la chimie. Comme mentionné plus haut, l'entropie est ainsi envisagée, tant dans la littérature savante que dans son enseignement, sous deux approches très différentes, l'une macroscopique, due à Rudolf Clausius et l'autre microscopique et statistique, proposée par Ludwig Boltzmann. Des arguments issus des deux approches sont fréquemment présentés en parallèle ou en alternance, sans qu'une réelle connexion entre les deux ne soit établie, à l'exception d'une publication récente (Bhattacharyya & Dawlaty, 2019).

Le travail présenté ici est la première étape du développement de nouvelles méthodes d'enseignement de l'entropie et du second principe, au niveau du premier cycle de l'enseignement supérieur, étayées par la recherche en didactique. Il s'agit, dans un premier temps, d'identifier les conceptions alternatives d'une population d'étudiants en 1^{re} année de chimie, géologie et pharmacie dans une université belge francophone (Université de Liège), à l'issue d'un cours commun de chimie générale de base, donné lors du premier semestre de l'année académique et d'analyser l'impact sur ces conceptions d'un cours plus approfondi, donné au cours du second semestre et utilisant l'approche traditionnelle macroscopique. Le prétest et le posttest proposés aux étudiants les amènent entre autres, à développer des raisonnements qui interrogent la métaphore du désordre (Bennett & Sözbilir, 2009). D'autres populations d'étudiants (physique, ingénieurs) de 1^{re} année ont également participé à l'enquête. L'analyse des résultats est en cours. À titre de comparaison, les conceptions d'étudiants de bachelier (licence) et de master plus avancés dans leur formation, ont également été évaluées.

QUESTIONS DE RECHERCHE

Sur la base de l'analyse qui précède, nous avons formulé les deux questions de recherche suivantes :

- par quelles réponses et justifications erronées les conceptions alternatives d'étudiants de premier cycle de l'enseignement supérieur vis-à-vis de l'entropie et du second principe de la thermodynamique se manifestent-elles dans des questionnaires à choix multiples ?
- comment ces conceptions alternatives sont-elles influencées par un cours général de thermodynamique adoptant l'approche macroscopique ?

METHODE

Un questionnaire a été soumis à N=181 étudiants répartis dans les sections suivantes (Chimie, N=27 ; Géologie, N=12 ; Pharmacie, N=142). Cette population mixte suit le même cours de chimie générale en première année de bachelier. Les questionnaires ont été validés auprès de 5 professeurs et de 5 assistants enseignant la thermodynamique, ainsi qu'auprès d'un groupe de 11 étudiants de niveaux divers. Une analyse complète de chaque question, des conceptions alternatives attendues et du type de questions posées peut être trouvée dans l'annexe 2.

En raison de contraintes organisationnelles, le prétest a été organisé en présentiel, tandis que le posttest a été proposé en ligne et sans obligation. La population de répondants y est nettement plus faible (N=49). La comparaison des deux tests a été réduite à la population commune de répondants. Un système d'identifiant permet de suivre l'évolution individuelle des participants.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

A titre d'exemple, les résultats de deux questions, une fermée (Q1) et l'autre ouverte (O5), seront analysés ici.

QUESTION FERMÉE : CATÉGORISATION ONTOLOGIQUE DE L'ENTROPIE

La figure 1 présente les résultats de la première question (Q1), qui tente d'identifier les concepts jugés pertinents par les étudiants pour définir l'entropie.

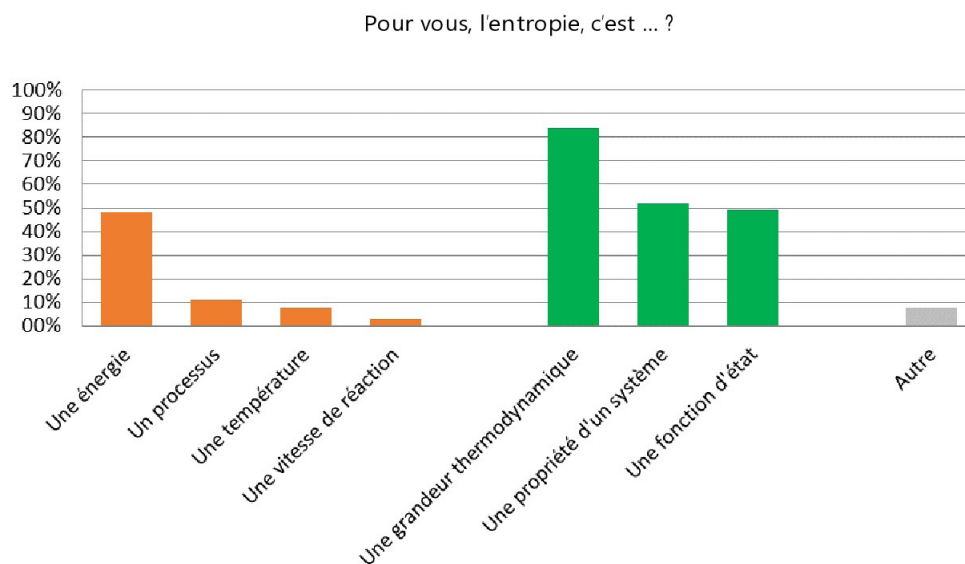


Figure 1. : Pourcentage de choix des différentes suggestions de la question «Pour vous, l'entropie, c'est ... ?». N=181. Données du prétest. Plusieurs choix sont possibles. Il faut lire, par exemple, «49% des étudiants ont répondu que, pour eux, l'entropie est une fonction d'état». Les items représentés en vert ou en orange correspondent, respectivement, à des choix corrects ou erronés.

L'assimilation des concepts d'énergie et d'entropie indique une conception alternative présente significativement (48 %), alors que les deux notions sont distinctes : l'énergie représente la potentialité que possède un système d'effectuer un travail, tandis que l'entropie est liée à la dispersion sur les niveaux d'énergie accessibles. L'énergie se conserve, contrairement à l'entropie qui augmente lors d'un processus spontané dans un système isolé.

Alors que plus de 80 % des étudiants reconnaissent l'entropie comme une grandeur thermodynamique, seulement la moitié d'entre eux la perçoivent comme une propriété d'un système (52 %) et comme une fonction d'état (49 %). On peut mettre cela en lien avec le fait que, dans les cours introductifs, on discute généralement de façon approfondie la variation d'entropie, dans la ligne de l'approche macroscopique classique de Clausius, ce qui occulte le fait que l'entropie est une propriété d'un système. La notion de fonction d'état reste, elle, très formelle et n'est que survolée dans un tel cours.

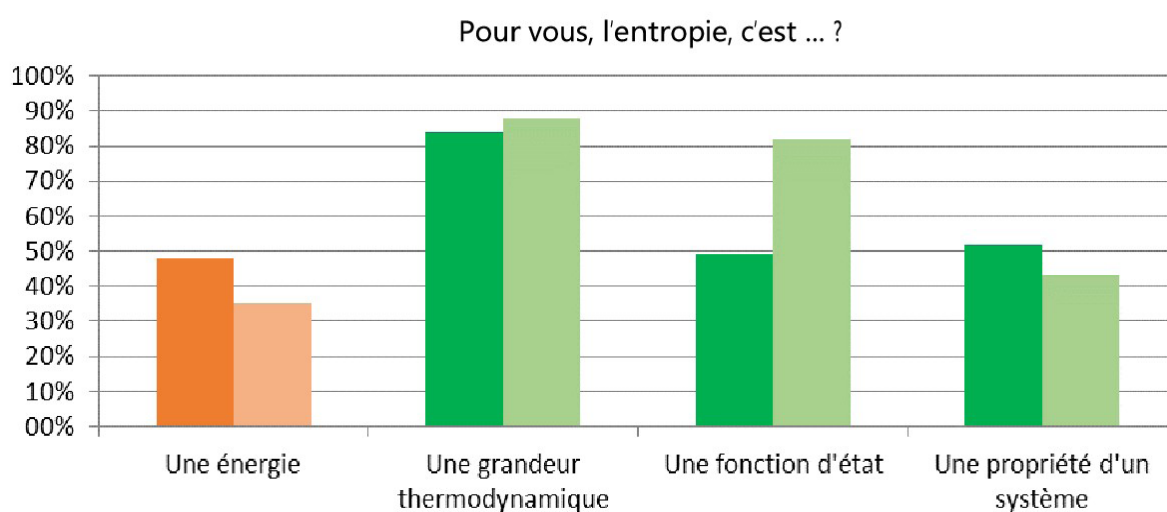


Figure 2. : Pourcentage de choix des suggestions de la question «Pour vous, l'entropie, c'est ... ?». Données obtenues avant et après le cours du second semestre. Nombre de participants communs aux deux tests : N=49. Les couleurs foncées correspondent au prétest, les couleurs pâles au posttest.

La figure 2 compare les résultats du prétest (en présentiel) et du posttest (en ligne) concernant les items dont nous venons de discuter. Les autres affirmations possèdent des taux de réponse similaires au pré- et au posttest (voir Fig. 1). Rappelons que la population de répondants est nettement plus faible pour le posttest (N=49 sur N=181 au pré-test). On peut supposer que les résultats du posttest concernent les étudiants les plus motivés.

L'examen de figure 2 permet la mise en évidence des aspects suivants.

- La réponse erronée « l'entropie, c'est une énergie » régresse mais reste présente chez plus d'un tiers des élèves. La conception alternative de confusion entre l'entropie et l'énergie est donc résistante au cours censé la modifier. On peut formuler l'hypothèse que la définition classique, $dS = \delta Q_{\text{réversible}} / T$, faisant intervenir la chaleur, donc une composante du transfert d'énergie, puisse contribuer à cette confusion. La signification fondamentale de cette équation n'est vraisemblablement pas assimilée, ni la raison pour laquelle, alors que la chaleur n'est pas une

fonction d'état, l'entropie, elle, en est une. Il s'agit d'une hypothèse qu'il serait intéressant de vérifier, par exemple, lors d'entretiens semi-dirigés. Un enseignement utilisant l'approche statistique est sans doute plus susceptible de montrer en quoi les concepts d'énergie et entropie sont certes liés, tout en étant intrinsèquement différents.

- La conception correcte « l'entropie est une fonction d'état » progresse significativement. Cela semble cohérent avec l'approche macroscopique qui met l'accent sur l'« entropie comme fonction d'état », afin de l'utiliser dans les formules classiques de thermodynamique et dans des procédures de calcul de la variation d'entropie. On peut toutefois supposer que le concept de fonction d'état n'est que partiellement assimilé, dans la mesure où uniquement 43 % des étudiants sélectionnent l'item « propriété d'un système ». Nos réflexions et notre hypothèse du paragraphe précédent vont également dans cette direction. Un diagramme de Sankey commenté, fourni en annexe 3, approfondit cette analyse.

QUESTION OUVERTE : EXEMPLE DE LA SURFUSION

La question ouverte discutée ici (fig. 5, annexe 4), consacrée à la surfusion, est adaptée de Sözbilir et Bennett (Bennett & Sözbilir, 2009) et simplifiée pour lever certaines ambiguïtés. La conception alternative « la variation d'entropie est déterminée par le changement, observable visuellement, de désordre spatial » est mise en défaut. Bien que l'ordre augmente lors du passage d'un liquide à un solide à température constante, l'entropie doit ici pourtant augmenter : il s'agit en effet d'une évolution spontanée dans un système isolé. Le processus s'accompagne d'une augmentation de température. La majorité des étudiants semble suivre la conception alternative, puisque plus de 50 % d'entre eux pensent que l'entropie diminue.

Dans la Figure 3, on peut observer la distribution des catégories de justifications des étudiants. Plus de 20 % des étudiants fournissant la bonne réponse ne la justifient pas correctement ou pas complètement. Certains étudiants affirment, par exemple, que le cristal ajouté augmente l'entropie du système, alors que l'énoncé précise explicitement le contraire (fig. 5, annexe 4). Les étudiants pensant que l'entropie diminue justifient majoritairement (58 %) d'une manière qui reflète la conception alternative attendue : diminution du désordre spatial.

Des étudiants pensant que l'entropie reste constante, semblent identifier que le système est bien isolé, mais en concluent erronément que l'entropie, dans ce cas, doit rester constante. Cette préconception peut être reliée à l'assimilation énergie-entropie mentionnée plus haut.

Il est intéressant d'essayer de distinguer ici les approches macroscopique-classique et microscopique-statistique. Si on utilise une approche classique, la réponse est immédiate : en conformité avec le second principe, l'entropie du système ne peut qu'augmenter puisque le processus est spontané et que le système est, par hypothèse, isolé. Comme mentionné ci-dessus, ce raisonnement n'a recueilli qu'un taux de réponse très faible (< 5 %). Si, par contre, on utilise l'approche statistique, arriver à la bonne réponse demande un raisonnement plus complexe. Comme nous l'avons mentionné dans le résumé des caractéristiques épistémiques de l'entropie (annexe 1), celle-ci mesure à la fois la dispersion spatiale et la dispersion de quantité de mouvement. Si la cristallisation mène bien à une diminution de dispersion spatiale, elle mène par contre à une augmentation de température (le processus étant exothermique) et donc, à une augmentation de dispersion de la quantité de mouvement, ce dernier effet l'emportant et menant à une augmentation d'entropie. Il fallait donc être attentif à deux aspects du phénomène : la modifi-

cation de structure spatiale liée à la cristallisation et son exothermicité. Toutefois, en l'absence de calcul explicite (ce que la question ne demandait pas), la seule manière de s'assurer que l'effet de dispersion de quantité de mouvement l'emporte sur la réorganisation spatiale est de faire référence au second principe. La figure 3 montre qu'une faible fraction des étudiants fait référence à l'exothermicité du processus mais que ceux qui donnent la réponse correcte y font quand même plus appel (environ 20 %). Ces réflexions mettent en lumière quelques aspects importants des conceptions alternatives liées à l'entropie :

- le fait de ne tenir compte que de la dispersion spatiale et de négliger la dispersion de quantité de mouvement ;
- une compréhension trop superficielle du lien entre les approches classique-macroscopique et statistique-microscopique.

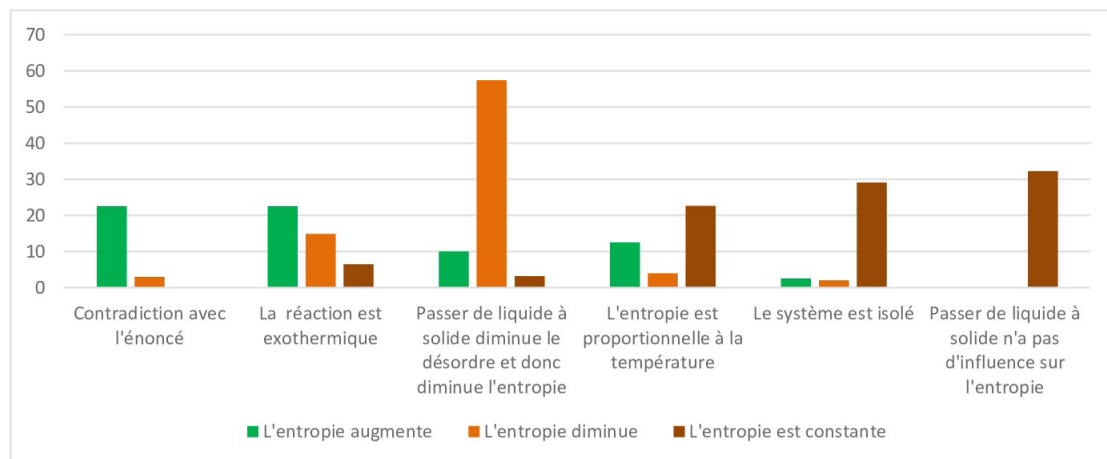


Figure 3. : Pourcentages d'occurrence de certaines justifications à la question de surfusion au pré-test. N=181. Certaines réponses présentent plusieurs justifications différentes.

CONCLUSION

L'entropie et le second principe de la thermodynamique représentent un défi didactique de par leur degré d'abstraction, la diversité des manières de les aborder, en particulier les deux approches macroscopique-classique et microscopique-statistique, ainsi que par les conflits cognitifs qu'engendre la difficulté de concilier ces approches. Dans cette communication, nous montrons que des étudiants en première année présentent de nombreuses conceptions alternatives sur le concept d'entropie et son utilisation au travers du second principe et qu'un cours traditionnel de thermodynamique ne les corrige pas nécessairement, voire les aggrave. Certaines conceptions alternatives sont de nature ontologique, comme l'assimilation de l'énergie et de l'entropie, d'autres semblent être liées à une compréhension superficielle et, partant, au mauvais emploi, d'une métaphore (« entropie = désordre ») introduite dès la naissance de la thermodynamique statistique de Boltzmann, mais souvent mal interprétée. Deux pistes de réflexion ressortent dès lors de ces premiers résultats : (i) la nécessité d'approfondir la signification de la métaphore du désordre, afin de lui donner sa pleine signification de dispersion non seulement spatiale mais aussi relative à la quantité de mouvement ; (ii) l'importance d'établir un lien entre les approches classique-macroscopique et statistique-microscopique afin de permettre une compréhension plus fine du concept même de fonction d'état, duquel beaucoup d'étudiants semblent n'avoir qu'une compréhension sémantique élémentaire et du second principe de la thermodynamique, au-delà d'une simple compétence opératoire.

Ces résultats, complétés par des analyses en cours auprès d'autres populations d'étudiants de première année universitaire, doivent servir de base au développement d'approches didactiques visant à rendre les étudiants capables d'établir les connexions appropriées entre des situations expérimentales variées et le cadre conceptuel, que ce soit au travers de l'apprentissage par investigation ou du développement de simulations numériques.

BIBLIOGRAPHIE

- Beaudry, M.-C. (2012). Reuter, Y. (2007). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. Bruxelles, Belgique : De Boeck Université.
- Bennett, J. M. & Sözbilir, M. (2007). A Study of Turkish Chemistry Undergraduates' Understanding of Entropy. *Journal of Chemical Education*, **84**(7), 1204. <https://doi.org/10.1021/ed084p1204>
- Bhattacharyya, D. & Dawlaty, J. M. (2019). Teaching Entropy from Phase Space Perspective: Connecting the Statistical and Thermodynamic Views Using a Simple One-Dimensional Model. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00134>
- Christensen, W. M., Meltzer, D. E. & Ogilvie, C. A. (2009). Student ideas regarding entropy and the second law of thermodynamics in an introductory physics course Student ideas regarding entropy and the second law of thermodynamics in an introductory physics course, 907. <https://doi.org/10.1119/1.3167357>
- diSessa, A. A. & Sherin, B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, **20**(10), 1155–1191. <https://doi.org/10.1080/0950069980201002>
- Ezcurdia, M. (1998). The Concept-Conception. *Philosophical Issues*, **9**(1998), 187–192.
- Haglund, J., Andersson, S. & Elmgren, M. (2015). Chemical engineering students' ideas of entropy. *Chemistry Education Research and Practice*, **16**(3), 537–551. <https://doi.org/10.1039/c5rp00047e>
- Johnstone, A. H. (1991). Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, **7**, 75–83.
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. *Learning and Instruction*, **11**(4–5), 357–380. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00037-2)
- Raff, L. M. & Cannon, W. R. (2019). On the Reunification of Chemical and Biochemical Thermodynamics: A Simple Example for Classroom Use. *Journal of Chemical Education*, **96**(2), 274–284. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00795>
- Stavy, R. & Tirosh, D. (2000). *How Students (Mis-)Understand Science and Mathematics: Intuitive Rules*.
- Tiberghien, A. & Vince, J. (2005). Études de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique, (February 2014), 1–18.
- Üce, M. & Ceyhan, İ. (2019). Misconception in Chemistry Education and Practices to Eliminate Them: Literature Analysis. *Journal of Education and Training Studies*, **7**(3), 202. <https://doi.org/10.11114/jets.v7i3.3990>
- Van Overmeir, L. (2019). L'enseignement de la chimie organique dans le secondaire belge francophone : des conceptions alternatives à de nouvelles approches pédagogiques.xx

Vosniadou, S. (2019). The Development of Students' Understanding of Science.
Frontiers in Education, 4. <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00032>

ANNEXE 1

Pour notre propos, nous pouvons résumer comme suit les caractéristiques épistémiques essentielles du concept d'entropie.

- Selon Boltzmann, l'entropie, notée S , est une mesure du nombre de micro-états accessibles pour un système (plus précisément, de son logarithme).
- On peut envisager le problème selon une approche basée sur la mécanique classique ou sur la mécanique quantique. Si on se limite aux mouvements les plus excités dans des conditions habituelles, c'est-à-dire la translation et la rotation, les deux approches mènent toutefois à des conclusions identiques.
- Selon l'approche classique, l'entropie mesure le volume d'espace des phases disponible. Celui-ci dépend du volume spatial disponible et du domaine de quantité de mouvement accessible aux atomes ou molécules. Ce dernier est une fonction croissante de la température, de la masse des atomes ou molécules et du nombre de degrés de liberté.
- Selon l'approche quantique, l'entropie mesure la dispersion de l'énergie sur les états quantiques accessibles. Le nombre d'états accessibles augmente quand le volume, la température, la masse des atomes ou molécules et leur nombre de degrés de liberté augmente.
- Même si dispersion et désordre semble intuitivement liés, le concept de dispersion est défini mathématiquement alors que la métaphore du désordre reste vague. Qui plus est, les deux points précédents illustrent le fait que l'entropie ne peut être réduite à une mesure du désordre spatial.
- L'entropie d'un système isolé augmente si ce système est le siège d'une transformation spontanée (2^e principe de la thermodynamique).
- L'enthalpie libre de Gibbs, $G = H - TS$, diminue si un système quelconque subit une transformation spontanée à température et pression constantes. Cette affirmation découle directement du 2^e principe.

ANNEXE 2

Le questionnaire, dont la structure est décrite dans le tableau 1, consiste en cinq questions fermées à choix multiples (Q1 à Q5) et cinq questions semi-ouvertes (choix multiples avec demande de justification, O1 à O5). Parmi ces questions, trois questions fermées (Q1 à Q3) et quatre questions semi-ouvertes (O2 à O5) visent à sonder des conceptions alternatives attendues chez les étudiants, à la lumière de la littérature et de l'analyse de traités reconnus de chimie générale et physique. Elles ont été conçues pour comparer les réponses des étudiants face, d'une part, à des situations ne générant pas de conflits cognitifs (Q1 à Q3) et, d'autre part, face à de tels conflits résultant de paradoxes mettant en cause les conceptions alternatives (O2 à O5). Une question (O1) a pour but d'identifier si le raisonnement spontané des étudiants est plutôt macroscopique ou microscopique tandis que deux questions (Q4 et Q5) font appel à un raisonnement enseigné et entraîné de manière explicite et systématique dans le cours de base, et donc susceptible de mener à des automatismes. Ces deux questions ont pour but de permettre une corrélation entre la maîtrise de procédures et la compréhension des concepts.

Question	Type de question	Conception correcte testée	Conception alternative envisagée
Q1	À choix multiples	L'entropie est une fonction d'état caractérisant l'état d'un système.	L'entropie est une forme d'énergie. L'entropie n'est pas une propriété du système.
Q2		L'entropie mesure le degré de désorganisation d'un système : celle-ci peut être de nature spatiale ou énergétique.	La métaphore du désordre spatial s'applique dans cette situation très simple. Il s'agit de vérifier si les étudiants appliquent spontanément ce raisonnement.
Q3		L'entropie d'un système isolé augmente au cours d'un processus spontané dans ce système.	Confusion entre $\Delta S_{\text{système}}$ et $\Delta S_{\text{univers}}$ Confusion entre système isolé et fermé.
Q4		Le signe de la variation d'enthalpie libre ΔG du système est un critère de spontanéité d'un processus se déroulant dans le système à température et pression constante.	<i>Ces questions ont pour but de permettre une corrélation entre la maîtrise de procédures et la compréhension des concepts.</i>
Q5			
O1	À choix multiples + justification ouverte	Toutes autres choses égales, l'entropie augmente quand la quantité de matière augmente. L'entropie est une propriété extensive.	Analyse du mode de raisonnement : macroscopique ou microscopique ?
O2	À choix multiples + justification ouverte	L'entropie reflète la dispersion de l'énergie d'un système sur les états accessibles. Ceux-ci sont d'autant plus nombreux que les molécules possèdent plus de degrés de liberté.	L'entropie est le désordre spatial (visuel). Celui-ci est identique dans les deux milieux représentés.
O3		L'entropie reflète la dispersion de l'énergie d'un système sur les états accessibles. Leur nombre augmente avec la masse des atomes ou molécules.	L'entropie est le désordre spatial. Celui-ci est identique pour les quatre gaz nobles proposés. Il ne dépend donc pas de la masse des atomes.
O4		L'entropie reflète la dispersion de l'énergie d'un système sur les états accessibles. Leur nombre augmente quand le volume augmente. Si le volume ne change pas, toutes choses égales par ailleurs, l'entropie reste constante.	Quand deux gaz se mélangent, le désordre spatial augmente toujours, donc l'entropie augmente.
O5		Dans un système isolé, tout processus spontané s'accompagne d'une augmentation de l'entropie du système.	Le passage d'un liquide à un solide diminue le désordre spatial. L'entropie est une mesure de ce désordre, donc elle diminue également.

ANNEXE 3

L'occurrence de la conception correcte « L'entropie est une propriété d'un système » (Fig. 1) régresse de 9 %. Une analyse plus approfondie, illustrée par le diagramme de Sankey (Fig. 4), révèle que cette conception n'est pas stabilisée chez une majorité d'étudiants puisqu'ils sont nombreux à changer d'avis, dans un sens comme dans l'autre. Ceci tend à renforcer notre hypothèse que le concept de fonction d'état, même s'il est connu formellement, est mal assimilé et fait l'objet de conceptions erronées.

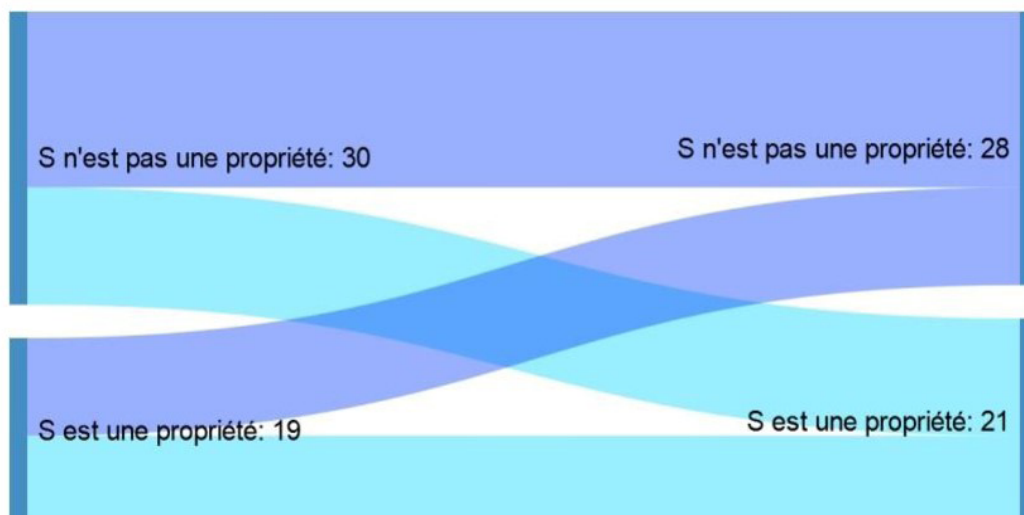


Figure 4. : Diagramme de Sankey montrant les changements d'opinion des élèves avant (à gauche) et après (à droite) le cours sur l'entropie auquel ils ont pris part. N=49

ANNEXE 4 : QUESTION OUVERTE SUR LA SURFUSION

L'eau, quand elle est très pure, peut être maintenue en surfusion jusqu'à -10°C à pression atmosphérique, ce qui signifie qu'elle est toujours liquide alors qu'elle devrait être solide. Lorsqu'on ajoute un cristal de glace à cette eau, la cristallisation démarre immédiatement. Ce changement de phase est exothermique.

Pour étudier en détail ce processus, on place une certaine quantité d'eau en surfusion, dans une boîte en frigolite (isolant thermique) : il n'y a donc pas d'échange possible de chaleur avec l'environnement. Puis, on ajoute un petit cristal de glace par un trou dans le bouchon, que l'on referme immédiatement, ce qui déclenche la cristallisation spontanée. La masse du cristal ajouté est suffisamment faible pour qu'on puisse négliger sa contribution à l'entropie. Comment l'entropie du système varie-t-elle suite à l'ajout du cristal de glace ?

- Elle augmente.
- Elle diminue.
- Elle reste constante.
- Aucune des trois réponses ci-dessus n'est correcte.

Justifiez votre réponse aussi précisément que possible :

L'ÉQUILIBRE CHIMIQUE. DES PRÉCONCEPTIONS AUX DIFFÉRENTS TYPES D'APPROCHE PÉDAGOGIQUE : TOUT UN ÉVENTAIL DE POSSIBILITÉS

Cécile Moucheron¹, Marie Stalens¹
1 : Université libre de Bruxelles

Résumé : Les préconceptions des apprenants de l'enseignement belge francophone sur les équilibres chimiques ont été examinées par le biais d'un questionnaire proposé dans 9 écoles ainsi qu'en année préparatoire aux études de médecine et en première année de bachelier en sciences. Une analyse des données récoltées a permis de mettre en évidence plusieurs préconceptions.

Suite à ces constats, des propositions d'outils pédagogiques pour les élèves ont été répertoriées et catégorisées afin de créer un support dans lequel puiser des méthodes essayant d'améliorer la compréhension des élèves sur le concept d'équilibre chimique.

Mots-clés : équilibre chimique, préconceptions, didactique de la chimie, approches didactiques

THE CHEMICAL EQUILIBRIUM FROM MISCONCEPTIONS TO DIFFERENT TYPES OF PEDAGOGICAL APPROACHES : A RANGE OF POSSIBILITIES

Abstract : The misconceptions of the students of the French-speaking Belgian teaching on the chemical equilibrium were examined by means of questions proposed in 9 schools as well as in the preparatory year for medical studies and in the first year of bachelor 's degree in science. The analysis of the collected data allowed highlighting several misconceptions. Following these findings, activity proposals were gathered to create a support in order to help students understanding the concept of chemical equilibrium.

Keywords : chemical equilibrium, misconceptions, chemistry didactics, pedagogical approaches

CADRE THÉORIQUE ET QUESTION DE RECHERCHE

Avant d'aborder tout apprentissage, les apprenants ont déjà très souvent une ou des idées sur les savoirs enseignés. C'est à travers ces idées et par le biais de ces grilles de lecture qu'ils vont percevoir et interpréter les propos de l'enseignant lors d'une situation d'apprentissage. Si celui-ci ne tient pas compte de ces représentations, celles-ci risquent de se maintenir et le nouveau savoir de « glisser » sur l'apprenant, sans que celui-ci puisse s'en imprégner, le comprendre et l'intégrer comme nouveau savoir réellement mobilisable. Ces représentations font l'objet d'études depuis plus de 30 ans en didactique (Driver & Easley, 1978; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994) mais le concept trouve un ancrage, originel et plus large, notamment déjà dans les travaux de Durkheim dès 1898 (Durkheim, 1898), de Piaget en 1926 (Piaget, 2003), puis en épistémologie des sciences chez Bachelard (Bachelard, 1967). En 1970, Migne (Migne, 1994) met en lumière le concept de représentations dans l'apprentissage scolaire, Giordan et De Vecchi (Giordan & De Vecchi, 1992) proposeront, quant à eux, le terme de conception.

De nombreux travaux s'attachent à évaluer le rôle de ces préconceptions/représentations, à envisager leur passage au concept comme une rupture ou une continuité, ou encore, à les considérer comme un obstacle ou comme une aide aux apprentissages (par exemple : Develay, 1992 ; Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997 ; Posner, Strike, Hewson & Genzog, 1982). Quelle que soit la position adoptée, ces préconceptions constituent donc indéniablement un enjeu dans l'apprentissage. À ce titre, il convient donc, préalablement à l'élaboration de tout dispositif d'apprentissage, de mettre en lumière les représentations des apprenants à propos d'un concept et d'ainsi mieux comprendre leurs difficultés. Ces étapes sont en effet indispensables à l'élaboration d'un dispositif efficace et adapté.

Dans ce cadre, notre recherche a pour objectifs principaux de mettre en lumière les difficultés auxquelles les apprenants sont confrontés, lors de leur première rencontre avec l'équilibre chimique au cours de l'enseignement secondaire ; de comprendre d'où viennent ces difficultés et d'élaborer des dispositifs d'enseignement permettant un changement conceptuel. Pour ce faire, il convient au préalable de déterminer leurs représentations en la matière, ce qui fait l'objet de la présente publication. La question de recherche examinée dans le cadre de cette communication est donc : quelles sont les représentations en matière d'équilibre chimique amenant les apprenants de l'enseignement secondaire belge francophone à réaliser de mauvaises prédictions en chimie ou à proposer de mauvaises explications du comportement de la matière dans les processus d'équilibre chimique ?

MÉTHODOLOGIE

La méthodologie suivie pour cette étude repose d'abord sur une analyse et un classement des préconceptions issues de la littérature, concernant l'équilibre chimique. Les représentations des apprenants belges francophones sont, à leur tour, analysées à l'aide de questionnaires (voir détail de la méthodologie dans la sous-section y consacrée) pour mettre en évidence d'éventuelles différences avec ce qui est rapporté pour d'autres pays et au sein des différentes populations analysées. Enfin, sur base des constats établis et afin de proposer aux enseignants des outils pédagogiques, une recherche de propositions d'outils dans la littérature est réalisée.

LES PRÉCONCEPTIONS SUR L'ÉQUILIBRE DANS LA LITTÉRATURE

Les préconceptions des apprenants sur les équilibres chimiques issues de la littérature (ex : Bergquist & Heikkinen, 1990, p. 1000 ; Tyson, Treagust & Bucat, 1999, p. 554 ; Quilez-Pardo & Solaz-Portolés, 1995, p. 939 ; Chiu, 2007, p. 421 ; Banerjee, 1991, p. 487 ; Cheung, Ma & Yang, 2009, p. 1111 ; Ozmen, 2008, p. 225) ont été rassemblées en quatre catégories : la réaction en dehors de l'équilibre ; la réaction à l'équilibre ; la constante d'équilibre et le déplacement d'équilibre.

Les représentations concernant la réaction en dehors de l'équilibre concernent, par exemple, la « compartimentation » des réactifs et des produits ou l'état initial.

Les préconceptions sur la réaction à l'état d'équilibre sont, par exemple, que les concentrations des produits et des réactifs sont égales à l'équilibre ou que l'équilibre peut être produit en absence d'un des constituants.

Deux exemples de représentations sur la constante d'équilibre sont que, plus la constante d'équilibre est grande, plus la réaction est rapide ou encore que, quand l'équilibre est rétabli, la constante d'équilibre sera modifiée après ajout d'un des constituants.

Les malentendus liés à l'évolution du système suite à une perturbation, concernent notamment l'évolution relative des vitesses de réactions directe et inverse ou les vitesses relatives à deux états d'équilibre distincts.

LES PRÉCONCEPTIONS SUR L'ÉQUILIBRE EN BELGIQUE FRANCOPHONE

Sur la base des préconceptions rapportées dans la littérature, les préconceptions des apprenants issus de l'enseignement belge francophone sur les équilibres chimiques ont été examinées, par le biais d'un questionnaire à double choix multiple d'une part, et porteur de questions de type vrai/faux d'autre part. Ce questionnaire a été proposé dans 9 écoles, en année préparatoire aux études de médecine et en 1^e année de bachelier en sciences à l'université. L'analyse des réponses récoltées au questionnaire à double choix multiple, a mis en évidence plusieurs préconceptions alternatives qui sont très brièvement résumées ci-dessous.

L'indépendance de la constante par rapport aux concentrations apparaît comme le concept qui pose le plus de problèmes aux apprenants interrogés. Selon le niveau en sciences considéré, de 27 à 54 % des apprenants considèrent que la valeur de la constante d'équilibre varie avec un changement des concentrations. Une autre question met en avant la préconception selon laquelle les concentrations des différents composés impliqués dans la réaction chimique, doivent être égales à l'équilibre. L'existence de plus d'un état initial pose également problème. De même, les thèmes liés aux systèmes hétérogènes et aux concentrations à l'équilibre n'ont pas été compris par la majorité des personnes interrogées (plus de 30 % des apprenants considèrent que l'équilibre de la réaction sera déplacé, suite à l'ajout d'un solide au milieu). L'influence de la température sur la constante d'équilibre a été comprise différemment, selon le type d'apprenants. Le concept lié à l'égalité des vitesses de réactions, directe et inverse est, quant à lui, très bien compris par la majorité de ceux-ci.

L'analyse des réponses des mêmes apprenants aux questions de type vrai/faux, indique que la majorité des apprenants ont bien intégré que :

- l'équilibre chimique est dynamique ;
- les vitesses de réaction directe et inverse sont égales, lorsque l'équilibre est atteint ;
- la constante d'équilibre est influencée par la température ;
- la pression n'influence pas l'équilibre lorsque la réaction n'implique que des solutions aqueuses.

Ces mêmes questionnaires vrai/faux mettent en avant les préconceptions suivantes :

- la constante d'équilibre est influencée par les concentrations initiales;
- la constante d'équilibre est influencée par les concentrations finales ;
- la constante d'équilibre est influencée par la pression ;
- lorsqu'on ajoute un réactif à une réaction à l'équilibre, l'équilibre sera à nouveau atteint lorsque tout le réactif ajouté aura été consommé.

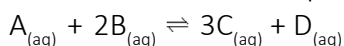
DISCUSSION

L'objectif premier de cette recherche est d'identifier les préconceptions des apprenants de l'enseignement secondaire belge, en matière d'équilibre chimique. Cette étude confirme la présence de connaissances très parcellaires sur certains concepts précis, liés à l'équilibre. Les mêmes tendances sont observées quel que soit le type de question posée (double choix multiple ou vrai/faux). Une différence importante pour un même concept apparaît toutefois selon la manière dont celui-ci est questionné. Le taux de réponses correctes obtenues aux « vrai/faux » est, dans la grande majorité des cas, supérieur à celui observé aux questions à double choix multiple. En outre, le questionnaire à double choix multiple permet de mieux identifier la difficulté de l'élève et de mieux saisir la représentation qu'il en a, ce qui est d'autant plus important lorsque celle-ci est erronée.

L'analyse des corrélations possibles entre les différentes réponses au questionnaire a également été évaluée au cours de cette étude, en recourant au test du khi-carré, au Φ (qui correspond à la valeur de la racine carrée du khi-carré sur le nombre de réponses à la question) et aux p-valeurs. Plusieurs corrélations ont ainsi pu être observées. Nous illustrons ce point pour une préconception portant sur l'influence exercée, ou non, par les concentrations sur la constante d'équilibre.

La question à double choix multiple est :

Voici une réaction à l'équilibre dans un récipient fermé :



Si on rajoute du A, la constante d'équilibre va :

- 1) Augmenter 2) Diminuer 3) Rester la même

Raisons :

- a) La constante d'équilibre est plus petite après l'ajout d'un réactif
- b) La constante d'équilibre sera plus grande car les concentrations des produits seront plus grandes
- c) Le rapport entre les concentrations des produits et les concentrations des réactifs

- reste le même à température constante à l'équilibre
- d) La constante d'équilibre est plus grande après l'ajout d'un réactif
 - e) Autre

Les apprenants de sciences générales répondent correctement à 65 % et ceux de sciences de base le font à 36 %.

À la proposition vrai/faux « la constante d'équilibre est influencée par les concentrations initiales », les apprenants de sciences générales répondent correctement à 67 % et ceux de sciences de base le font à 39 %. Les données statistiques (p -valeur = 10-14 < 0,05 ; test du khi-carré = 58, $\Phi = 0,51$) indiquent qu'il y a une forte corrélation entre les réponses des élèves de sciences générales. Dans 78 % des cas, soit ils ont compris le concept et ils répondent correctement aux deux questions, soit ils appliquent le même raisonnement pour répondre, mais ce raisonnement est faux.

Lorsque plusieurs questions portaient sur un même thème, une analyse a systématiquement été menée pour vérifier s'il y avait corrélation entre les réponses des apprenants. Parmi les élèves de sciences générales, beaucoup ont établi une corrélation entre certaines questions : 9 corrélations ont ainsi été avérées dans leurs réponses sur 11 analysées, contrairement aux élèves en sciences de base, pour lesquels seulement 3 corrélations entre réponses ont été avérées. La différence entre ces chiffres pourrait être expliquée par le nombre d'heures dont disposent les enseignants pour aborder la matière. En effet, majoritairement, les classes visitées pour les sciences générales ont deux heures de chimie par semaine, alors que les élèves de sciences de base n'en ont qu'une. La matière liée à l'équilibre chimique est pourtant la même. Les élèves de sciences générales ont ainsi plus de temps pour résoudre des exercices chiffrés, faire des analogies, observer/réaliser des expériences... Ceux-ci apportent visiblement une meilleure compréhension des notions à acquérir sur l'équilibre chimique.

Ceci nous a donc amené, dans un second temps, à parcourir la littérature en vue de recenser les types d'outils pédagogiques pouvant être proposés aux enseignants. Ces différents outils ont été catégorisés et certains d'entre eux seront présentés ci-dessous.

Néanmoins, dès lors qu'ils n'ont, à ce stade, pas fait l'objet d'expérimentation en classe de manière systématique, ils seront davantage considérés comme perspectives.

Enfin, il est également important de signaler dans cette partie consacrée à la discussion de nos résultats, qu'une analyse comparative aux données de la littérature indique que les préconceptions identifiées dans d'autres pays se retrouvent également chez les apprenants belges francophones. De légères différences apparaissent sur un plan quantitatif (ex : concept des vitesses égales bien acquis en Belgique). Une discussion plus fine s'avère toutefois plus délicate. En effet, le système belge est relativement complexe et une tendance observée peut varier d'une population à l'autre. À titre d'exemple, lors de l'analyse de l'influence de la température sur l'équilibre d'une réaction exothermique dans une étude rapportée par Ozmen, 18 % des élèves sondés estiment que la constante d'équilibre reste la même en augmentant la température (Ozmen, 2008). L'évaluation de cette même préconception auprès des élèves belges indique que 25 % des élèves de sciences de base estiment que la constante d'équilibre reste la même en augmentant la température, contre seulement 11 % d'élèves de sciences générales. Aussi, selon la catégorie d'élèves considérés, ceux-ci semblent moins bien maîtriser le concept que dans la

littérature pour les uns et mieux pour les autres. L'influence du système éducatif est donc loin d'être négligeable, elle sort toutefois du cadre de cette étude.

PERSPECTIVES - APPROCHES DIDACTIQUES CONSACRÉES AUX ÉQUILIBRES CHIMIQUES

Suite aux préconceptions mises en lumière, plusieurs propositions d'activités didactiques ont été regroupées en vue de créer une ressource dans laquelle puiser des méthodes visant à améliorer la compréhension des élèves sur le concept d'équilibre chimique. Ces propositions d'activités reposent sur différents types d'outils didactiques :

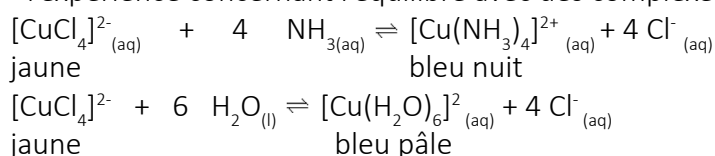
- des modèles moléculaires (Ghirardi, Marchetti, Pettinari, Regis & Roletto, 2015; Ozmen, 2008 ; Justi & Gilbert, 2002) ;
- des analogies (Ghirardi et al., 2015 ; Ozmen, 2008 ; Raviolo & Garritz, 2009 ; Bilgin & Geban, 2006 ; Locaylocay, Van Den Berg & Magno, 2005 ; Olney, 1988) ;
- des animations sur ordinateur (Ozmen, 2008 ; Brandon, 2018) ;
- des expériences, exemples concrets (Ozmen, 2008; Van Driel, de Vos & Verloop, 1999 ; Locaylocay, Van Den Berg & Magno, 2005) ;
- des jeux (Huddle, White & Rogers, 2000) ;
- des exercices.

Ces différents types d'activités peuvent aider l'enseignant à lever et faire évoluer certaines conceptions. Bien que plusieurs outils pédagogiques permettent de lever plusieurs conceptions en même temps, nous donnerons à titre d'exemples, quelques activités en regard de trois préconceptions qui peuvent ainsi être travaillées.

1) Préconception : « il existe un seul état initial »

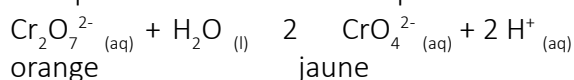
Cette préconception peut être travaillée à l'aide de différents dispositifs, par exemple à partir de :

- l'expérience concernant l'équilibre avec des complexes de cuivre :



Un avantage de cette réaction est qu'il est possible d'osciller entre les deux réactions, inverse et directe, en opposition avec l'idée alternative qu'il n'existe qu'un seul état initial.

- l'équilibre avec des complexes de chrome :



Cette expérience constitue un très bon exemple pour démontrer qu'une réaction qui va tendre vers un équilibre n'a pas qu'un seul état initial : il est possible d'utiliser le dichromate de potassium pour amorcer la réaction, mais aussi le chromate de sodium ou encore, un mélange des deux composés.

- l'analogie de la piste de danse (Caldwell, 1932)

Imaginons une salle de danse avec des couples. Certains sont vêtus de noir et d'autres de blanc. La musique démarre, les couples dansent et à chaque fois qu'ils se cognent, ils échangent leur

partenaire. On aura alors des couples mixtes en couleur. Après un certain temps, un équilibre se forme entre les couples de même couleur et les couples mixtes. Il est possible aussi de ne partir que de couples mixtes ou encore d'un mélange de couples mixtes et de même couleur.

- l'expérience macroscopique de la bataille de boules en plastique (Raviolo, 2009). Cette expérience permet de mettre en avant que la réaction peut démarrer à partir d'un mélange de réactifs et de produits et atteindre un équilibre, mais aussi que l'équilibre n'est pas statique, que les vitesses avant l'équilibre ne sont pas égales.

2) Préconception : « l'équilibre est statique »

Cette préconception peut elle aussi être travaillée de différentes manières, par exemple à partir de :

- l'analogie de l'escalator (Caldwell, 1932)

Pour pouvoir expliquer le principe de l'équilibre dynamique, il est possible de s'appuyer sur l'analogie d'une personne qui descend un escalator qui monte. Le côté cinétique de cette analogie pose toutefois problème, l'analogie doit donc être discutée avec prudence.

- l'analogie du peintre et du nettoyeur (Garritz, 1997)

Cette analogie permet de montrer que l'équilibre n'est pas statique et de mettre en avant la différence entre une réaction complète et incomplète.

- le jeu de l'équilibre « Games of Lees » (Huddle *et al.*, 2000)

Le Games of Lees, aussi connu sous le nom d'« Equilibrium Games » est un jeu extrêmement « quantitatif » permettant une approche macroscopique rigoureuse de l'équilibre. Il permet de lever un grand nombre de préconceptions : la réaction se fait dans un même récipient, contrairement à l'idée de certains élèves qui compartimentent les substances. Cette constatation écarte l'idée que la vitesse de la réaction directe augmente avant d'atteindre l'équilibre.

3) Préconception : « L'équilibre ne dépend pas de la température »

Pour contrer cette préconception, différents dispositifs peuvent être envisagés :

- l'expérience des gaz de couleur. L'équilibre entre les gaz NO_2 et N_2O_4 est utilisé pour illustrer le principe de Le Châtelier (NO_2 est brun et N_2O_4 est incolore). Lorsqu'on impose une modification de température au système, on constate la différence de couleur entre l'état d'équilibre à température ambiante et à une autre température ;

- l'exemple de la respiration. La réaction directe (la fixation de l'oxygène) est exothermique, ce qui explique pourquoi on a du mal à respirer lorsqu'on a de la fièvre. En effet, lorsque notre température interne monte, la réaction favorisée est celle qui consomme cette énergie apportée, donc la réaction endothermique. C'est, dès lors, la réaction inverse qui est favorisée.

CONCLUSIONS

Cette étude a permis de caractériser les représentations des élèves belges francophones en matière d'équilibre chimique. Elle ouvre la porte au développement de nouvelles séquences d'apprentissage recourant à des outils variés pour amener les élèves à une construction d'un savoir scientifiquement accepté.

BIBLIOGRAPHIE

- Astolfi, J.-P. Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. & Toussaint, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies*. Paris/Bruxelles : De Boeck Université
- Bachelard, G. (1967) *La formation de l'esprit scientifique : Contribution à une psychanalyse de la connaissance*. (5e éd.), Paris : Librairie philosophique J. Vrin, Collection : Bibliothèque des textes philosophiques
- Banerjee, A.C. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium, *Int. J. sci. Educ.*, **13**, 487-494
- Bergquist, W. & Heikkinen, H. (1990). Student Ideas Regarding Chemical Equilibrium: What Written Test Answers Do Not Reveal. *J. Chem. Educ.* **67**, 1000–1003
- Bilgin, I. & Geban, O. (2006). The Effect of Cooperative Learning Approach Based on Conceptual Change Condition on Students' Understanding of Chemical Equilibrium Concepts, *J. Sci. Educ. Technol.*, **15**, 31-46
- Brandon, J (2018). NO₂/N₂O₄ Equilibrium Computer Simulation, repéré à <https://chemdemos.uoregon.edu/demos/NO2N2O4-Equilibrium-Computer-Simulation>
- Caldwell, W.E. (1932). Usable analogies in teaching fundamentals of chemical equilibrium, *Journal of Chemical Education*, **9** (112).
- Cheung, D., Ma, H.J. & Yang, J. (2009). Teachers' misconceptions about the effects of addition of more reactants or products on chemical equilibrium, *Int. J. Science and Math. Educ.*, **7**, 1111-1133
- Chiu, M.H. (2007). Implementing an Equilibrium Law Teaching Sequence for Secondary School Students To Learn Chemical Equilibrium, *Int. J. Sci. Educ.* **29**, 421-452
- Cloonan, C.A., Nichol, C.A. & Hutchinson, J.S. (2011). Understanding Chemical Reaction Kinetics and Equilibrium with Interlocking Building Blocks, *J. Chem. Educ.*, **88**, 1400-1403
- Develay, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement : pour une épistémologie scolaire*. Paris : ESF
- Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, **5**, 61-84
- Durkheim, E. (1898). Représentations individuelles et représentations collectives. *Revue de métaphysique et de morale*, **4**, mai 1898, 1-22. Université du Québec à Chicoutimi (UQAC).
- Garritz, A. (1997). The Painting–Sponging Analogy for Chemical Equilibrium, *J. Chem. Educ.*, **74**, 544-545
- Ghirardi, M., Marchetti, F., Pettinari, C., Regis, A. & Roletto, E. (2015). Implementing an Equilibrium Law Teaching Sequence for Secondary School Students To Learn Chemical Equilibrium, *J. Chem. Educ.* **92**, 1008-1015
- Giordan, A. & De Vecchi, G. (1990) *Les origines du savoir : Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. France : Delachaux et Niestlé
- Harrison, J.A. & Buckley, P.D. (2000). Simulating Dynamic Equilibria, *J. Chem. Educ.*, **77**, 1013-1014
- Huddle, P.A., White, M.W. & Rogers, F. (2000). Simulations for Teaching Chemical Equilibrium. *J. Chem. Educ.* **77**, 920-926
- Joshua, S. & Dupin, J.-J. (1999). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. (2e éd.) Paris : Presses Universitaires de France

- Justi, R. & Gilbert, J. (2002). In J.K. Gilbert, O. De Jong, J. Rosaria, D.F. Treagust & J.H. Van Driel (Eds.). *Models and Modelling in Chemical Education in Chemical Education : Towards Research-based Practice*, 47-68, Doordrecht : Kluwer Academic Publishers
- Locaylocay, J., Van Den Berg, E. & Magno, M. (2005). Changes in College Students' Conceptions of Chemical Equilibrium. In K. Boersma, M. Goedhart, O. De Jong & H. Eijkelhof (Eds.). *Research and the Quality of Science Education*, Doordrecht : Springer, pp. 459-470
- Migne, J. (1994) Pédagogie et représentations, (2ème parution) *Education permanente, 1994a, 119* (2), 11-29
- Olney, D.J. (1988). Some analogies for teaching rates/equilibrium, *J. Chem. Educ.*, **65**, 696-697
- Ozmen, H. (2007). The Effectiveness of Conceptual Change Texts in Remediating High School Students' Alternative Conceptions Concerning Chemical Equilibrium. *Asia Pacific Education Review, 8* (13), 413-425
- Ozmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium : a review of research and the case of Turkey, *Chem. Educ. Res. Pract.*, **9**, 225-233
- Piaget, J. (2003). *La représentation du monde chez l'enfant*. Quadrige Paris : Presses Universitaires de France
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Genzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education, 66*, 211-227.
- Quilez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J.J. (1995). *J. Res. Sci. Teaching, 32*, 939-957
- Raviolo, A. & Garritz, A. (2009). Analogies in the teaching of chemical equilibrium: a synthesis/analysis of the literature, *Chem. Educ. Res. Pract.*, **10**, 5-13
- Russell, J.M. (1988). Simple Models For Teaching Equilibrium and Le Chatelier's Principle, *J. Chem. Educ.*, **65**, 871-872
- Tyson, L., Treagust, D.F. & Bucat, R.B. (1999). The Complexity of Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *J. Chem. Educ.* **76**, 554-558
- Van Driel, J.H., de Vos, W. & Verloop, N. (1999). Introducing Dynamic Equilibrium as an Explanatory Model. *J. Chem. Educ.*, **76**, 559-561
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York, NY: Simon & Schuster Macmillan, pp. 177-210.
- Wilson, A.H. (1998). Equilibrium: A Teaching/Learning Activity, *J. Chem. Educ.*, **75**, 1176-1177

L'ÉVANESCENCE DES SAVOIRS SCOLAIRES

L'EXEMPLE DE LA NUTRITION DES PLANTES AU LYCÉE

Francis Rouquet¹

1 : Centre de recherche en éducation de Nantes (CREN) Université de Nantes : EA2661

Résumé : Des nuages et des horloges, cette métaphore poppérienne nous permet de placer sur une échelle fictive les conceptions initiales des élèves à une extrémité et les connaissances scolaires visées par les programmes à l'autre. Notre recherche s'intéresse particulièrement à la nutrition des plantes, objet d'enseignement qui traverse les programmes de sciences de la maternelle à la fin du secondaire. Si nous avons identifié les conceptions initiales et les obstacles épistémologiques rencontrés par des élèves de Terminale scientifique, une séquence forcée a permis de mettre au travail la problématisation pour construire des savoirs apodictiques. Désormais, à distance de l'enseignement, nous questionnons ce qu'il reste de l'école quand on a tout oublié. L'étude qualitative intrapsychique repose sur des entretiens directifs, ils ont une valeur heuristique. Elle révèle le poids d'un curriculum scolaire anthropocentré et d'un savoir scolaire réifié qui continue à maintenir les obstacles épistémologiques.

Mots-clés : savoir scolaire, obstacle, inhibition cognitive, plante, nutrition.

THE EVANESCENCE OF SCHOOL KNOWLEDGE

THE EXAMPLE OF PLANT NUTRITION IN HIGH SCHOOL

Abstract : From clouds and clocks, this Popperian metaphor allows us to place on a fictitious scale the initial conceptions of the students at one end and the academic knowledge targeted by the programs on the other. Our research is particularly interested by plant nutrition, a teaching subject that goes through all science programs from kindergarten to the end of high school. If we have identified the initial conceptions and epistemological obstacles encountered by students of the scientific terminale, a forced sequence has made it possible to put to work problematization to build apodictic knowledge. Now, far from teaching, we question what is left of the school when we have forgotten everything. The intrapsychic qualitative study is based on directive interviews, they have a heuristic value. It reveals the weight of an anthropocentric school curriculum and reified academic knowledge that continues to maintain epistemological barriers.

Keywords : school knowledge, obstacle, cognitive inhibition, plant, nutrition

INTRODUCTION

Les programmes scolaires français des Sciences de la Vie de la Terre (SVT) du second degré sont écrits dans une perspective de cohérence verticale. Par conséquent, ils s'appuient sur les prérequis du premier degré. Dans le cadre de l'étude du vivant et du rapport au vivant, le règne des plantes a une place importante (Dell'Angello-Sauvage & Gallezot, 2018).

Notre exploration concerne un aspect des apprentissages scolaires en particulier : leur évanescence. En effet, forts d'un métier endossé durant de nombreuses années, les élèves de Terminale Scientifique (TS) sont plutôt en réussite, au niveau des connaissances à maîtriser, lors des évaluations sommatives. En revanche, dans un autre contexte ou à distance des apprentissages, les connaissances sont diminuées voire très affaiblies. Or, apprendre correspond à faire évoluer ses conceptions (Giordan, 1998/2016). Cet objectif visé par les enseignants/l'institution est difficile à atteindre. Comment l'expliquer ?

Nous avons focalisé notre recherche sur une classe d'élèves de TS pour deux raisons. D'abord parce que deux chapitres du programme (MEN, 2011) sont consacrés aux plantes, ensuite parce que cette classe est le dernier niveau d'un curriculum scolaire permettant d'évaluer ce qu'il reste des savoirs scolaires. Ainsi, à distance d'une séquence forcée (Orange, 2012) consacrée à la nutrition des plantes, nous réalisons un corpus basé sur des entretiens directifs dans un contexte non ordinaire. Dans une perspective épistémique, nous questionnons les connaissances des élèves et leurs origines possibles au-delà des références empiriques. L'objectif est de développer une approche compréhensive de l'évanescence des savoirs scolaires.

LE CONTEXTE DU CORPUS

Notre corpus a été construit en quatre étapes que nous présentons chronologiquement. L'étape 1 (octobre 2017) correspond aux productions individuelles des élèves, il s'agit de recueillir leurs conceptions initiales à propos de la nutrition des plantes pour en faire une analyse en termes d'obstacles (Bachelard, 1938/2011 ; Fabre & Orange, 1997). Ensuite, dans le cadre de l'apprentissage par problématisation (Orange, 1997, 2002, 2007 ; Orange, Lhoste, Orange Ravachol, 2008 ; Fabre, 2006, 2009, 2017 ; Lhoste, 2017), l'étape 2 (octobre-novembre 2017) consiste en une séquence forcée (Orange, 2012). L'étape 3 (début février 2018), à distance de la séquence d'apprentissage, est associée au Baccalauréat blanc. L'évaluation sommative conduit à mesurer l'évolution des connaissances des élèves. Enfin, l'étape 4 (fin mars 2018) se réfère à des entretiens directifs dont nous préciserons l'intérêt.

L'OBJET DE LA RECHERCHE

L'étude qualitative vise à comprendre les processus d'apprentissages et les difficultés de restitution au terme du curriculum scolaire. Si nous cherchons à comprendre l'évolution des connaissances qui nourrissent les conceptions des élèves, ce sont les phénomènes de résistances/inhibitions, facteurs limitants pour la conservation des savoirs scolaires à long terme, que nous souhaitons découvrir.

LE CADRE CONCEPTUEL

Pour analyser les contenus relatifs aux déclarations des élèves, et pour la présente communication, nous développerons succinctement une approche didactique relative aux apprentissages, en général, et une dimension curriculaire pour interroger le programme de SVT en TS concernant les plantes.

LA DIMENSION DIDACTIQUE

Entre nuages et horloges, nous reprenons à notre compte cette métaphore (Popper, 1972/1998) pour positionner les connaissances des élèves. Les nuages pourraient correspondre aux conceptions des élèves, une nébuleuse où se mêlent deux systèmes complémentaires mais parfois antagonistes : l'empirisme et les savoirs scolaires. Les horloges, mécaniques bien structurées, représenteraient les conceptions finales des élèves visées par les programmes. Nous savons par ailleurs que dans tout apprentissage, des obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938/2011) entrent en jeu et, s'ils ne sont pas pris en compte par l'enseignant, ils limitent l'accès au savoir. La prise en compte des conceptions des élèves est, par conséquent, un préalable à tout apprentissage. Certains prétendent qu'elles auraient même une fonction de nécessité et correspondraient à « la part d'ombre de la pensée » (Fabre, 2001, p. 35), « un “déjà là” conceptuel qui, même s'il est faux sur le plan scientifique, sert de systèmes d'explication efficace et fonctionnel pour l'apprenant » (Astolfi & Develay, 1989, p. 31). Or, une caractéristique majeure des conceptions est leur stabilité. Aussi, Astolfi (2008/2014) reprenant Houdé (1995) indique que, pour les modifier, il est nécessaire d'inhiber ce qu'on sait déjà, de résister. Apprendre correspond donc à abandonner les vieux schèmes de la pensée pour rajeunir (Bachelard, 1938/2011).

LA DIMENSION CURRICULAIRE

Le curriculum scolaire se définit comme une production institutionnelle attachée à un programme d'enseignement tout au long de la scolarité. Il contient des connaissances ou savoirs scolaires et des compétences. Et « chaque discipline construit couteusement ses concepts au fil de son histoire. C'est ce qui confère une saveur particulière au réel » (Astolfi, 2008/2014, p. 32). Les programmes actuels de SVT privilégient une focale sur les savoirs en privilégiant les besoins socio-économiques, comme le précise déjà Fortin (2018) pour le premier degré. Ainsi, en TS, un chapitre est consacré à « la vie fixée des plantes » et un autre à « la plante domestiquée » (MEN, 2011). Par ailleurs, Bachelard (1938/2011) indique que la connaissance unitaire et pragmatique est un obstacle à la connaissance scientifique. Or, le monde des plantes présenté dans les programmes, a une fonction utilitariste, ce qui témoigne, selon nous, d'une vision anthropocentrée : « le vivant non humain n'a pas de valeur intrinsèque, ce qui lui confère une dimension instrumentale au bénéfice de l'humanité » (Fortin, 2018, p. 40). De plus, les exemples paradigmatiques utilisés en SVT laissent penser que les programmes scolaires engagent à une forme de positivisme « d'abord les faits, la théorie ensuite ! » (Fabre, 2007, p. 74).

METHODOLOGIE

Le corpus utilisé pour la recherche provient d'une classe de trente-deux élèves de TS à Angers (France). Pour accéder aux connaissances des élèves, des données pertinentes sont recherchées (Orange, 2006). Dans un premier temps, nous souhaitons vérifier l'évolution de leurs connaissances grâce à l'apprentissage scolaire pour ensuite, selon notre hypothèse, évaluer leur évanescence.

UNE APPROCHE QUANTITATIVE SUR LE LEXIQUE

La première mesure concerne les acquisitions des élèves en comparant les conceptions initiales (RI) et les réponses (RI' conceptions initiales, DS nouvelles connaissances) lors de l'évaluation type Baccalauréat blanc. Pour les conceptions initiales relatives à la nutrition des plantes, nous considérons sept éléments comme prérequis scolaires des niveaux précédents : le CO₂, les minéraux, l'eau, la lumière, la photosynthèse, les racines et les feuilles. À chaque élément repéré dans la production écrite de l'élève, nous attribuons « 1 » ; la somme des « 1 » correspond aux connaissances de l'élève. Conformément au programme scolaire, pour les connaissances attendues en TS, nous retenons huit éléments : les poils absorbants, les stomates, le xylème, la sève brute, le phloème, la sève élaborée, grande surface d'échange, le transport des matières. Ici aussi, nous attribuons « 1 » pour chaque élément cité. Le logiciel informatique d'analyse statistique JASP est utilisé.

UNE APPROCHE QUALITATIVE LORS DES ENTRETIENS

La deuxième mesure s'attache à analyser les entretiens directifs réalisés en classe lors de séances d'accompagnement personnalisé (étape 4). Les questions ouvertes (De Singly, 2016), cherchent à apprécier l'origine des connaissances des élèves et les évaluer à distance des apprentissages pour les comparer aux données précédentes (Annexe). La formulation et l'ordre des questions sont respectés pour que tous les élèves soient interrogés dans des conditions similaires, ce qui augmente la validité des réponses. Trois séances successives, prises lors de l'heure hebdomadaire « d'accompagnement personnalisé », ont été nécessaires pour réaliser les enregistrements individuels. Alors qu'ils réalisent des exercices d'entraînement au Baccalauréat, les élèves se présentent de façon spontanée lorsqu'ils sont disposés à répondre aux questions. Seules les première et quatrième questions intéressent notre communication. Pour mesurer les acquisitions en fin de curriculum (RIFc), nous conservons le même système de codage que précédemment. Et pour l'origine des connaissances des élèves, les entretiens en révèlent quatre : scolaire - scolaire et familiale - scolaire et médiatique - scolaire, familiale et médiatique.

L'ANALYSE DES RESULTATS

Concernant le premier recueil, nous comparons les conceptions initiales (RI) des élèves à celles mobilisées lors du devoir (RI') et nous évaluons la plus-value des apprentissages globaux (Somme = RI' + DS). Le tableau 1 affiche les résultats.

Les résultats indiquent que RI' est supérieur à RI, ce qui semble signifier une évolution des acquisitions. Nous constatons également une augmentation globale des connaissances (Somme = RI'+DS). Celles-ci pourraient correspondre à un apprentissage habituel d'élèves de TS qui investissent pour une évaluation de type Baccalauréat blanc, dans la mesure où celle-ci est prise en compte dans le bulletin du second trimestre. L'intérêt de ces résultats est de confirmer que l'échantillon a progressé au niveau des connaissances relatives à la nutrition des plantes.

	RI	RI'	DS	Somme	RIFc
Valid	32	32	32	32	30
Missing	0	0	0	0	2
Mean	4,500	6,250	6,219	12,47	7,267
Std. deviation	1,244	0,9158	1,539	1,814	3,532
Minimum	2,000	3,000	2,000	9,000	0,000
Maximum	7,000	7,000	8,000	15,000	8,000

Tableau 1 : comparaison des résultats des élèves de la classe (logiciel JASP)

Nous nous attachons maintenant à la réponse à la quatrième question de l'entretien : « que sais-tu de la nutrition des plantes ? ». Le RIFc correspond aux connaissances des élèves à distance des apprentissages. Bien que ne pouvant accéder qu'au déclaratif dans un contexte peu ordinaire (face à face élève/enseignant dans un coin de la classe), les connaissances mobilisées témoignent d'un RIFc inférieur à Somme. Nous interprétons ceci comme une érosion des connaissances. Qu'en est-il vraiment ? Lors des entretiens, certains élèves évoquent des difficultés à les mobiliser : « souvent on oublie » (Lilou) ; « ce n'est pas resté » (Nour) ; « ça doit être erroné » (Robin) ; « c'est compliqué » (Angelo). S'agit-il de résistance ou d'inhibition cognitive ? Et nous voyons ressurgir les obstacles que nous avons identifiés lors de l'analyse des conceptions initiales des élèves (RI). Pour l'essentiel : l'empirisme ou « expérience première » (Bachelard, 1938/2011, p. 23) (« du soleil, de l'eau, des feuilles et des racines » Faustine) ; le substantialisme (« plus ils absorbent plus ils grandissent » Théo), et l'anthropomorphisme (« comme les êtres humains » Jules ; « sans se nourrir on ne grandit pas » Anaïs). Cependant, nous devons mesurer nos propos dans la mesure où « le monde de l'oral n'obéit pas à la même logique que celui de l'écrit » (Astolfi, 2008/2014, p. 197). Par ailleurs, les conditions de mobilisation des connaissances (à l'oral, de façon individuelle, en face à face avec l'enseignant, non soumises à une note) ne sont pas celles d'une évaluation ordinaire de classe, le plus souvent sous forme écrite.

Faisant l'hypothèse que l'érosion des connaissances serait liée à leur origine (scolaire ou scolaire et ...), nous avons ensuite croisé les résultats (RIFc) aux réponses des élèves à la première question de l'entretien directif : « Quelle est l'origine de tes connaissances sur les plantes ? ». Si le codage nous autorise à dégager quatre origines possibles, force est de reconnaître que nous n'avons pas mis en évidence de corrélation entre celles-ci et le nombre d'éléments validés. Par rapport à nos données, l'érosion constatée ne serait donc pas imputée directement à l'origine des connaissances des élèves.

DISCUSSION ET CONCLUSION

La définition de plante est plus complexe qu'il n'y paraît (Bosdeveix, 2016), leur nutrition est également source de difficultés comme l'ont confirmé de nombreuses recherches en didactique des SVT (Peterfalvi, Rumelhard & Vérin, 1987; Campestrini, 1992 ; Orange, 1997 ; Lhoste & Peterfalvi, 2009). Si l'évolution des conceptions des élèves caractérise les apprentissages, celles-ci sont attestées lors des évaluations ordinaires, mais il pourrait s'agir de mémorisation à court terme où le métier d'élève entre en jeu (Perrenoud, 1994). Pour autant, à distance de l'évaluation, l'apprentissage semble labile et les connaissances redeviennent des nuages. Pour certains, ces nuages sont différents mais ils sont assurément éloignés de l'horloge des savoirs scolaires et ce, même pour les élèves en réussite scolaire (30/32 élèves ont eu le Baccalauréat

en 2018). Comment expliquer cette évanescence des savoirs scolaires ?

Une première raison pourrait être que les obstacles épistémologiques et sémantiques (le mot « nutriments » a été un obstacle majeur lors des apprentissages de la séquence forcée) ont été contournés lors de la mémorisation pour l'évaluation, mais ils reviennent inévitablement. Or, le savoir est « conquis » contre les obstacles (Bachelard, 1938/2011). Ensuite, les programmes fortement anthropocentrés sont associés à une forme de positivisme scolaire « trop soumis à la recherche de lois scientifiques générales » (Astolfi, 2008/2014, p. 81). Par ailleurs, à l'école, il serait question de placer « l'apprendre au-dessus du savoir » (Fabre, 2007, p. 76), ce que l'on pourrait associer à une réification des savoirs scolaires qui inhibe également la cognition. Probablement faut-il redonner au savoir scolaire une dimension problématologique (Meyer, 2000). Il convient également d'interroger les concepts enseignés : « les savoirs visés : une cible floue » comme le précise Bucheton et Soulé (2009). Enfin, nous rappelons que lors de l'énonciation d'une question, il y a des malentendus qui peuvent perdurer. Aussi, les productions des élèves sont parfois maladroites car le concept ne serait pas encore stabilisé. C'est que les élèves conceptualisent à des niveaux et vitesses différents. Pour conceptualiser, il y a nécessité de temps, temps pour « inhiber ce qu'on sait déjà » (Astolfi, 2008/2014, p. 39) ou pour mettre en place une résistance cognitive indispensable à tout apprentissage (Houdé, 2014).

L'assimilation de connaissances biologiques ne va pas de soi, probablement parce qu'il manque « la dimension culturelle de l'enseignement de la biologie » (Rumelhard, 2016, p. 4). Ceci rejoint les propos de Canguilhem (1965/2015) qui porte un regard sur la culture scientifique en biologie en indiquant qu'elle ne peut se construire uniquement sur l'enseignement de connaissances, au risque de correspondre à une accumulation d'informations. Nous résumons nos propos dans le

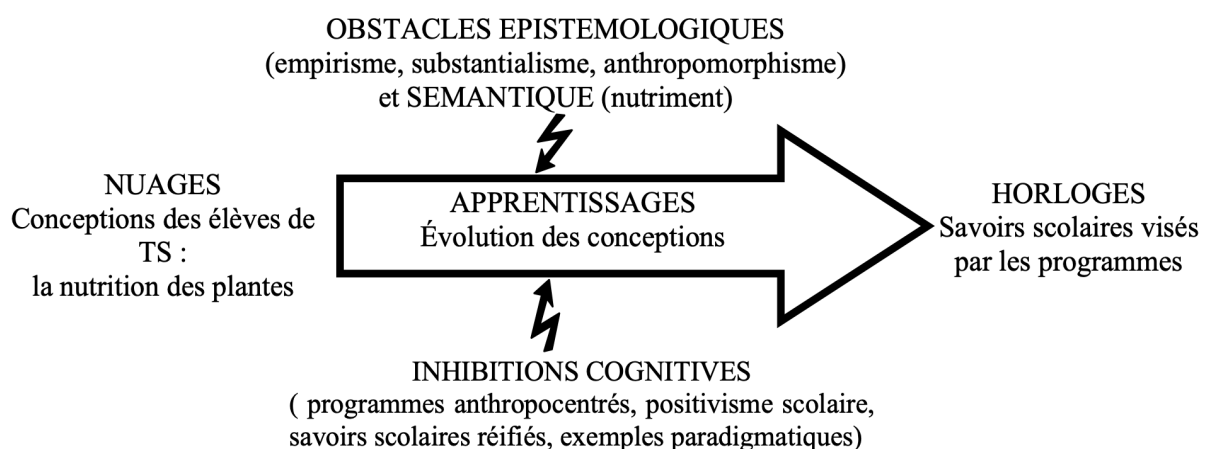


schéma suivant (figure1.) :

Figure 1. : l'évanescence des savoirs scolaires, l'exemple de la nutrition des plantes en TS

BIBLIOGRAPHIE

- Astolfi, J-P. (2008/2014). *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*. Issy-les-Moulineaux : ESF.
- Astolfi, J-P. & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF, Coll. Que sais-je ?
- Bachelard, G. (1938/2011). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Bosdeveix, R. (2016). *Entre classifications fonctionnelle et phylogénétique : le*

- groupe des végétaux. Une reconstruction didactique fondée sur l'histoire des sciences dans le cadre de la formation des enseignants de sciences de la vie et de la Terre.* Thèse, Université Paris Diderot, Paris 7, France.
- Bucheton, D. & Soulé, Y. (2009). Les gestes professionnels et le jeu des postures de l'enseignant dans la classe : un multi-agenda de préoccupations enchâssées. *Varia*, **3**, 29-48.
- Campestrini, P. (1992). Sortir de la logique de Van Helmont. *Aster*, **15**, 85-100.
- Canguilhem, G. (1965/2015). *La Connaissance de la vie*. Paris : Vrin.
- Dell'Angello-Sauvage, M. & Gallezot, M. (2018). Vie, vivant, biodiversité : quelles approches ? Quelles prises en charge scolaire ? *Recherche en didactique des sciences et des technologies*, **18**, 9-34.
- De Singly, F. (2016/4ème éd.). *Le questionnaire*. Paris : Armand Colin.
- Fabre, M. (2001). *Gaston Bachelard. La formation de l'homme moderne*. Paris : Hachette.
- Fabre, M. (2006). Qu'est-ce que problématiser ? L'apport de John Dewey. In M. Fabre & E. Vellas (Eds.). *Situations de formation et problématisation*. Bruxelles : De Boeck.
- Fabre, M. (2007). Des savoirs scolaires sans problèmes et sans enjeux. La faute à qui ? *Revue française de pédagogie*, **161**, 69-78.
- Fabre, M. (2009). Qu'est-ce que problématiser ? Genèses d'un paradigme. *Recherche en éducation*, **6**, 22-32.
- Fabre, M. (2017). *Qu'est-ce que problématiser ?* Paris : Vrin.
- Fabre, M. & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, **24**, 28-38.
- Fortin, C. (2018). Le statut épistémique du vivant dans les nouveaux curriculums français de la scolarité obligatoire. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, **18**, 36-57.
- Giordan, A. (1998/2016). *Apprendre*. Paris : Belin.
- Houdé, O. (1995). *Rationalité, développement et inhibition : un cadre d'analyse*. Paris : PUF.
- Houdé, O. (2014). *Apprendre à résister*. Paris : Le Pommier.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie et didactique des SVT*. Bordeaux : PUB.
- Lhoste, Y & Perterfalvi, B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : l'exemple de concept de nutrition. *Aster*, **49**, 79-108.
- MEN, Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de SVT - Classe terminale de la série scientifique, *Bulletin officiel spécial*, **8**, 13 octobre 2011. (disponible sur : [https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?pid_bo=25847])
- MEYER M. (2000). *Questionnement et historicité*. Paris : PUF.
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie. Quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : PUF.
- Orange, C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les Sciences de l'éducation, Pour l'ère nouvelle*, **35** (1), 25-42.
- Orange, C. (2006). Problématisation, savoirs et apprentissages scientifiques. In M. Fabre & E. Vellas. *Situation de formation et problématisation*. Bruxelles : De Boeck.
- Orange, C. (2007). Quel milieu pour l'apprentissage par problématisation en sciences de la vie et de la terre ? *Éducation & Didactique*, **1**(2), 37-56.

- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.
- Orange, C., Lhoste, Y. & Orange Ravachol, D. (2008). Argumentation, problématisation et construction de concepts en classe de sciences. In Buty, C. & Plantin, C. (Eds.). *Argumenter en classe de sciences*. Lyon : INRP.
- Perrenoud, P. (1994). *Métier d'élève et sens du travail scolaire*. Issy-les-Moulineaux : ESF.
- Peterfalvi, B., Rumelhard, G. & Verin, A. (1987). Explorons l'écosystème. *Aster*, 3, 111-189.
- Popper, K. (1972/1998). *La connaissance objective*. Paris : Flammarion.
- Rumelhard, G. (2016). Le concept d'obstacle à l'assimilation des connaissances en biologie. Entre matérialisme, positivisme et anthropologie. *APBG Biologie Géologie*, 4, 1-16.

ANNEXE

Entretien directif

Q1. : Quelle est l'origine de tes connaissances sur les plantes ?

Q2. : Comment caractériserais-tu une plante ?

Q3. : Si je te montre cette photographie, pour toi, est-ce que cela représente le monde des plantes ? Justifie.

Q4. : Que sais-tu de la nutrition des plantes ?

Q5. : Que sais-tu de la croissance des plantes ?

Q6 Selon toi, y a-t-il un lien entre la croissance et la nutrition ?

L'IDENTITÉ PROFESSIONNELLE DES ENSEIGNANTS-CHERCHEURS DE CHIMIE

Rita Khanfour-Armalé¹,

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz EA 4434 (LDAR)

Université d'Artois : EA4434, Université Paris Diderot - Paris 7 : EA4434, Université de Cergy
Pontoise : EA4434, Université de Rouen Normandie, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne -
Paris 12 : EA4434

Résumé : Nous nous intéressons à l'identité professionnelle des enseignants-chercheurs (EC) et en particulier à l'influence de la discipline sur leurs pratiques. C'est une partie d'une recherche multidisciplinaire basée sur plusieurs universités en France et en Belgique qui a pour objectif de contribuer au développement professionnel des EC. Dans cet article, nous présentons tout d'abord le concept d'identité professionnelle afin de préciser notre problématique de recherche. Ensuite, nous exposons notre méthodologie et illustrons nos premiers résultats obtenus avec des extraits d'entretiens effectués auprès d'enseignants-chercheurs en chimie de deux institutions en France.

Mots-clés : enseignant-chercheur, identité professionnelle, discipline, chimie.

THE PROFESSIONAL IDENTITY OF CHEMISTRY TEACHER-RESEARCHERS

Abstract : We are interested in the professional identity of teacher-researchers (TR) and in particular the influence of their discipline on their teaching practices. It's a part of a multidisciplinary research based on various universities in France and Belgium. The objective of this research is to contribute to the professional development of academics. In this article, first, we introduce the concept of professional identity in order to clarify our research problem. Then, we present our methodology and illustrate our results with excerpts from interviews with chemistry teacher-researchers from two institutions in France.

Keywords : teacher-researchers, professional identity, practices, chemistry.

INTRODUCTION

En France, les recherches sur les pratiques pédagogiques et l'identité professionnelle des enseignants dans l'enseignement supérieur commencent à faire l'objet d'études variées (Annoot & Fave-Bonnet, 2004 ; Leininger-Frézal, 2016). La question de l'évolution de ces pratiques est actuellement au cœur des débats pour faire face, entre autres, à une baisse de motivation des étudiants ou une hétérogénéité du public étudiant. De nombreuses universités françaises ont créé des structures de développement professionnel des enseignants du supérieur, afin de répondre, en particulier, à la diversité du public étudiant (Endrizzi, 2011). De plus en plus de formations à la «pédagogie universitaire» sont destinées aux enseignants-chercheurs, mais très peu d'études s'intéressent à la manière dont celles-ci sont reçues par les enseignants chercheurs. Les attentes des enseignants-chercheurs vis-à-vis des étudiants venant notamment de l'enseignement secondaire sont également très peu étudiées.

Dans une recherche récente, de Hosson *et al.* (2015), se sont intéressés aux enseignants-chercheurs physiciens d'une même Unité de Formation et de Recherche (UFR), en les questionnant sur leur métier d'enseignant de physique. Leur recherche est née d'une commande de cette UFR, dont l'objectif était d'identifier des propositions consensuelles de changement dans les modalités pédagogiques et d'organisation des enseignements de physique de niveau licence (en particulier L1). De Hosson *et al.* ont mobilisé le cadre de l'identité professionnelle (Cattonar, 2001) en tant « qu'ensemble d'éléments particuliers de représentations professionnelles, spécifiquement activé en fonction de la situation d'interaction » (Blin, 1997). Il s'agissait d'envisager le groupe professionnel enseignant-chercheur comme une « subculture » caractérisée par des modes de percevoir, de penser et d'agir particuliers et de remonter aux normes, aux valeurs et aux règles propres à leur métier d'enseignant, liées à leur objet de travail et à leur pratique professionnelle (Cattonar, 2001, p.6) et donc à leur discipline.

Cet article fait partie d'un projet plus global dont l'objectif est de poursuivre le travail fait par de Hosson *et al.* (2015) en élargissant à d'autres universités et d'autres disciplines (chimie, géographie, mathématiques et physique). L'objectif est de mieux connaître le public des enseignants-chercheurs EC (Lebrun, 2018 ; Bridoux, 2018). Plusieurs chercheurs du groupe enseignement supérieur¹ du LDAR sont impliqués dans ce projet.

Dans cet article, nous proposons de donner quelques éléments de réflexion autour de ces deux questions : comment l'identité de chercheur et sa discipline impactent-elles l'identité enseignante ? En quoi la discipline des EC en chimie marque-t-elle leur pratique ?

CADRE THEORIQUE ET PROBLEMATIQUE

Notre questionnement se structure autour de la notion d'identité professionnelle, concept très complexe et appréhendé dans la littérature sous différentes approches. Du point de vue de la sociologie du travail, les dimensions de l'identité professionnelle nous permettent de prendre en compte ce qui constitue le cœur du métier d'EC d'une discipline. Cattonar (2001) définit l'identité professionnelle enseignante comme la façon dont un individu « enseignant » se dé-

1 Les collègues du groupe enseignement supérieur sont : Stéphanie Bridoux, Renaud Chorlay, Cécile de Hosson, Martine De Vleeschouwer, Nicolas Grenier-Boley, Christophe Hache, Corinne Hahn, Nathalie Lebrun, Caroline Léninger-Frézal, Zoé Mesnil, Céline Nihoul, Cécile Ouvrier-Bufferet, Myriam Regent-Kloeckner.

finit dans son rapport avec sa pratique professionnelle d'enseignant (de Hosson *et al.*, 2015) : « ce sont les caractéristiques qui l'identifient en tant qu'enseignant et que l'enseignant partage, qu'il a en commun avec d'autres enseignants du fait d'appartenir au même groupe professionnel » (Cattonar, 2001, p. 5). Voici les dimensions envisagées par de Hosson *et al.* (2015) que nous reprenons :

- les qualités et les compétences nécessaires à l'exercice du métier ;
- les normes (ce que l'enseignant juge légitime pour « bien » exercer son métier en termes de règles, de comportements, de fonctionnement, et ce qui, au contraire, lui semble illégitime, peu approprié) ;
- les valeurs et les règles propres (ce que l'enseignant valorise dans son métier, les fonctions qu'il aimerait déléguer et celles qu'il ne déléguerait jamais, constitutives de son cœur de métier) qui sont liés à leur objet de travail et à leur pratique professionnelle (Cattonar, 2001, p. 6) ;
- une dimension « didactique », le rapport que les enseignants-chercheurs entretiennent à la discipline de spécialité (de Hosson et al., 2015).

D'autres études montrent que les EC s'identifient fortement à leur discipline de recherche (Henkel, 2004). Certains enseignants se voient plutôt comme des « intellectuels », d'autres allient enseignement et recherche, soit en tant que chercheur qui enseigne, soit en tant que « blended professionals », conjuguant enseignement et recherche dans une « quête d'apprentissage » (van Lankveld *et al.*, 2017).

Selon la revue de recherches effectuée par van Lankveld *et al.* (2017), des facteurs contextuels renforcent ou contraignent l'identité professionnelle. Un environnement de travail collégial et encourageant est plus bénéfique pour les enseignants, alors qu'un contexte compétitif a des effets négatifs sur l'identité professionnelle, renforçant la dimension recherche au détriment de la dimension enseignante du métier. Drucker-Godard, Fouque, Gollety et Le Flanchec (2013) ont montré que les EC des universités françaises ressentaient aujourd'hui « un conflit entre des valeurs d'adhésion initiale (liberté, indépendance, autonomie, service public) et l'émergence de nouvelles valeurs issues des réformes récentes du système universitaire (productivité scientifique, efficacité, efficience, individualisation de la carrière, équité et non égalité de traitement et d'estime) » (p.19). Van Lankveld *et al.* (2017) identifient cinq processus psychologiques qui influenceraient positivement ou négativement l'identité professionnelle : la reconnaissance ou non des activités d'enseignement, le partage ou non des expériences d'enseignement, la reconnaissance ou non des compétences d'enseignement, le sens de l'engagement et les évolutions possibles de la carrière.

METHODOLOGIE

Nous avons adapté l'entretien utilisé par de Hosson *et al.* (2015) qui était prévu de façon à recueillir l'avis des enseignants-chercheurs interviewés sur les aspects suivants : l'organisation traditionnelle cours/TD/TP ; les pratiques innovantes ; les difficultés des étudiants ; l'évaluation des étudiants et des enseignements ; la formation des enseignants du supérieur, le métier d'enseignant-chercheur, des questions didactiques. L'échantillon se compose de 14 enseignants-chercheurs en chimie d'ancienneté variable (9 à 26 ans), appartenant à deux universités. Les parties de l'entretien ont été présentées par l'interviewer au début de l'entretien, rappelées au fil de l'entretien et introduites par « que penses-tu de... ». Les entretiens ont duré entre 25 et 60 minutes. Chacune des questions renvoie à l'une des dimensions de l'identité professionnelle,

telles que nous les avons définies plus haut (tableau 1).

Dimension questionnée	Exemple de questions
Règles	Quel est l'objectif d'un cours ? comment s'assurer que l'objectif est atteint ? Quel est l'objectif d'une évaluation ?
Qualités	Que trouvez-vous difficile dans votre métier d'enseignant ? Ressentez-vous le besoin d'être formé en tant qu'enseignant ?
Valeurs	Qu'est-ce qui vous plaît le plus dans votre métier d'enseignant-chercheur ? Que seriez-vous prêt à déléguer/à ne pas déléguer ?
Elements didactiques	Quelles sont les sources de difficulté des étudiants ? Qu'est-ce qu'un bon cours ? qu'est qu'un bon enseignant ?

Tableau 1. : Le lien entre les questions de l'entretien et les dimensions de l'identité professionnelle.

Les transcriptions des entretiens ont été lues de façon détaillée, afin de répertorier les idées correspondant aux questions principales du guide d'entretien. Selon la question de recherche à laquelle elles répondaient, les idées principales ont ensuite été catégorisées.

Nous avons plus spécifiquement cherché les verbatims qui peuvent entrer dans plusieurs catégories significatives témoignant de l'influence du métier de chercheur sur le métier d'enseignant, l'évaluation des étudiants et la formation des enseignants. Nous avons ainsi essayé de dégager des éléments de posture de chercheur dans les pratiques enseignantes (créativité, liberté, collégialité, évaluation et apprentissage par les pairs) et de transposition d'éléments méthodologiques de recherche aux activités proposées aux étudiants (résolution de problèmes, réflexivité, exposés d'étudiants, travaux de groupe, etc.). Nous nous sommes attachés également à relever des éléments de tensions « je sais qu'il faudrait faire ceci et pourtant je fais le contraire » (de Hosson *et al.*, 2015), souvent issues de facteurs contextuels (institution, rapport aux étudiants, formation à l'enseignement).

RÉSULTATS

Nous présentons ici des résultats partiels pour les chimistes qui restent à compléter et à préciser. Différents aspects se dégagent qui permettent d'apporter des éléments de réponse de natures diverses aux deux questions de recherche.

L'EMPREINTE DE LA DISCIPLINE

Ce qui est spécifique à la recherche présentée ici est ce qui concerne la chimie qui a été associée par le tiers des enseignants-chercheurs à « comprendre ce qui nous entoure et à la vie courante ». Un tiers des EC interviewés décrivent la chimie comme une « science expérimentale autant manuelle que théorique ». Deux la décrivent comme étant « la science de la transformation ». Dans l'extrait ci-dessous qui pointe la dimension didactique de l'IP, un seul EC évoque le lien entre l'aspect microscopique et macroscopique.

« aller comprendre des choses qu'on ne peut pas voir à l'œil nu /ce qui est attirant dans la chimie est de se dire que ce qui se passe tout est régit par le microscopique avec différentes techniques de comprendre ce qui se passe d'analyser ce qui se passe s'il n'y aurait pas la chimie il n'y aurait pas la vie » (C12)

La moitié des EC évoquent les difficultés des étudiants à donner du sens aux grandeurs, aux concepts etc. L'extrait ci-dessous pointe des éléments didactiques de l'IP.

« je donne la valeur et je leur fais : est ce que ça vous semble logique et j'essaie de leur ancrer qu'en chimie, il y a des concentrations ça ne peut pas être 10 puissance moins 20 mole par litre que des diamètres des nanoparticules ça ne peut pas être 10 puissance 20 mètres et eux, il faut que je leur dise ça doit être atteint du système solaire et eux, noir sur blanc, ne s'arrêtent pas sur ça donc, systématiquement quand il y a un résultat aberrant qu'ils aient un esprit critique sur eux-mêmes » (C3)

Ils parviennent difficilement à faire de la chimie avec leurs étudiants à cause de leurs difficultés, ce qui rend l'évaluation dans ce sens pas très évidente. Ces verbatims donnent des informations sur les règles et les éléments didactiques de l'IP.

« nos attentes nous enseignants sont en décalage avec les compétences de nos étudiants ce qui est une critique pour les deux ou pour personne. Il faut qu'on arrive à mettre en rapport, en adéquation les deux. Que peut-on attendre de l'étudiant qui est en face de nous ? Et l'étudiant, comment va-t-il faire pour répondre aux attentes du prof ? Souvent l'étudiant, il l'exprime comme cela. » (C8)

En plus des difficultés conceptuelles, les principales difficultés évoquées sont pour la totalité, le manque de travail et l'insuffisance maîtrise des outils mathématiques. L'extrait ci-dessous alimente les éléments didactiques de l'IP :

« c'est vraiment les lacunes en maths, c'est vraiment... t'écris l'intégrale, ils ont la bouche ouverte, une dérivée... ils ont la bouche ouverte enfin ça, ça doit être, enfin tu ne dois pas passer du temps sur ça et tu dis je ne suis pas mathématicienne, je suis chimiste, hen c'est vraiment des maths outils » (C7)

L'EMPREINTE DU CHERCHEUR

Les EC interviewés décrivent un bon cours comme étant un cours qui raconte une histoire et qui donne envie d'aller chercher. Ceci nous renseigne sur les éléments didactiques de l'IP.

« un bon cours, c'est quelque chose qui raconte une histoire à l'étudiant avec un cheminement intellectuel après je pense que j'en fait trop mais parce que quand la discipline te plait tu veux transmettre un certain nombre de choses » (C1)

« un bon cours, il faut qu'ils aient envie d'écouter voilà, il faut qu'ils aient envie de comprendre il faut qu'ils aient envie d'aller chercher parce que tu vois bien dans deux heures de cours, tu ne peux pas tout dire et si à la fin d'eux-mêmes sans que tu leur dise rien du tout, ils vont aller regarder sur Wikipédia » (C7)

Les EC font (ou aimeraient faire) travailler leurs étudiants, proche selon eux de l'activité « faire de la recherche » : ils valorisent le travail en petits groupes pour réfléchir ensemble, les exposés etc.

« il y a un truc qui marche bien qui a beaucoup de succès, c'est les projets de chimie comme fait la physique mais on fait ça en deuxième année pas en première année et ils ont un sujet

c'est eux qu'ils trouvent... ça peut être la crème solaire... ça peut être la photographie... ça peut être le vin... ça peut être n'importe quoi où ils font un travail bibliographique et ils montent des manip pour faire une démonstration autour de ces thématiques-là, c'est très concret. » (C7)

Les enseignants-chercheurs déclarent avoir appris à enseigner au fil de leur expérience professionnelle. La majorité des EC est favorable à la formation et souhaite des formations par des professionnels sur la pédagogie et la didactique. Deux EC ne sont pas favorables à la formation à l'enseignement. Différentes raisons sont évoquées, comme le montre l'extrait suivant qui renseigne sur les qualités de l'IP :

« moi, je ne crois pas trop à une formation dans ce cadre-là des enseignants chercheurs scientifique de formation. Après, bon s'il y a des gens qui ont des idées et puis qui ont des choses à proposer sur la formation des formateurs comme on dit, qui soient pertinentes et qui valent le temps qu'on va y passer pourquoi pas, mais comme on disait nous, notre temps, on en a pas donc si on doit aller dans des si on doit faire de la formation de formateurs, il faut vraiment que ça soit rentable, il faut qu'il y ait de vraie valeur ajoutée ou il y aurait une augmentation de la productivité »(C5).

Les enseignants-chercheurs ne sont pas dans la perspective de déléguer une partie de leurs activités (Les valeurs de l'IP). Mais s'ils veulent déléguer, ils sont plutôt pour les évaluations, mais ne veulent pas déléguer les cours en master.

« comme mon métier est adossé aussi à l'enseignement, c'est de pouvoir bien entendu enseigner d'une manière la plus académique possible pour les niveaux L, notamment, mais aussi commencer à faire passer ma passion dès qu'on arrive en M, c'est-à-dire leur montrer que ce qu'ils apprennent d'une manière courante la chimie générale à un moment donné ça sert à quelque chose ; ça sert à quoi ; qu'est ce qu'on fait dans les laboratoires »(C14)

Le contact avec les étudiants leur plaît le plus dans leur métier. Ces éléments renseignent sur les valeurs de l'IP. Les femmes qui forment le 1/3 de l'échantillon, évoquent ce contact du côté de l'enseignement et le 2/3 qui sont des hommes évoquent ce contact du côté de la recherche (stage ou direction de thèse).

« Ce qui plaît le plus c'est un contact assez direct et de mener des projets avec les étudiants : thèse contexte recherche plus intéressant ; on peut construire et transmettre quelque chose, stage de M2 travailler avec des petits effectifs relations privilégiés/les amphis bondés et les salles bondées, réflexion de vieil enseignant, ça commencent à me fatiguer » (C12).

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de cette étude semblent indiquer une empreinte de la discipline sur les pratiques d'enseignement à l'université à différents niveaux. En particulier, concernant l'un des facteurs contextuels pointés par van Lankveld *et al.* (2017), à savoir le contexte général de l'enseignement supérieur, les résultats présentés ici montrent clairement des tensions révélées à la fois lors des évaluations et lors de l'analyse des difficultés liées à la transition secondaire-supérieur. On observe des tensions, dans la posture des EC, entre « ce qu'ils souhaitent faire et ce qu'ils font » au niveau des pratiques d'enseignement (de Hosson *et al.*, 2015).

Dans cette contribution, nous nous sommes volontairement limités à la présentation de ré-sul-

tats en chimie. Nous avons donné à voir certaines caractéristiques de l'identité professionnelle enseignante d'EC de chimie à partir d'entretiens menés avec 14 EC. Nous sommes allés voir les pratiques in situ des EC sur la notion de liaison chimique, afin de préciser nos résultats et se détacher du déclaratif (van Lankveld *et al.*, 2017). Nous étudierons les cours magistraux de deux enseignants chercheurs portant sur les mêmes contenus en L1 (de Hosson, Manrique, Regad & Robert, 2018 ; Regent-Kloeckner, 2019).

Les premiers résultats de l'analyse comparative montrent certaines disparités disciplinaires mais aussi unanimement, un fort ancrage du métier de chercheur dans les pratiques enseignantes (Bridoux *et al.*, 2018). À travers une comparaison plus poussée entre les quatre disciplines (mathématiques, chimie, géographie et physique), il s'agirait d'analyser nos résultats en se basant sur les cinq processus psychologiques avancés par van Lankveld *et al.* (2017) dont nous observons certaines similitudes et ainsi, conforter notre hypothèse de recherche.

De plus, cette recherche devrait permettre de dégager suffisamment de variables afin de concevoir un questionnaire en ligne (à réponses simples ou multiples, voire textuelles simples) afin de confirmer ou d'infirmer nos résultats et tendre vers une représentativité statistique de la population des EC.

Enfin, les résultats présentés dans cette contribution sont également encourageants pour apporter des éléments de réponse à la problématique de la pédagogie universitaire mentionnée dans la motivation de cette étude. Nous pourrions ainsi rendre compte des résultats obtenus sur la formation des EC dans les universités où des entretiens ont eu lieu, voire lors de la formation à la pédagogie universitaire. L'objectif ici serait de renvoyer aux EC un miroir de leurs propres pratiques afin d'engager une discussion sur différents aspects qui pourraient permettre de mieux embrasser la complexité des pratiques. Là aussi, le côté disciplinaire est mis en évidence, notamment par l'envie émise par certains EC des quatre disciplines, d'approfondir leurs connaissances didactiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Annot, E. & Fave-Bonnet, M.-F. (2004). *Pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur*. Paris : L'Harmattan.
- Blin, J. F. (1997). Les représentations professionnelles : un outil d'analyse du travail. *Éducation permanente*, 132, 159-170.
- Bridoux, S., de Vleeschouwer, M., Grenier-Boley, N., Khanfour-Armalé, R., Lebrun, N., Mesnil, Z. & Nihoul C. (2018). L'identité professionnelle des enseignants-chercheurs en mathématiques, chimie et physique. *Espace Mathématique Francophone* 2018 (EMF 2018, 22-26 Octobre 2018).
- Cattonar, B. (2001). Les identités professionnelles enseignantes. Ébauche d'un cadre d'analyse. *Cahiers de recherche du GIRSEF*, 10.
- de Hosson, C., Décamp, D., Morand, E. & Robert, A. (2015). Approcher l'identité professionnelle d'enseignants universitaires de physique : un levier pour initier des changements de pratiques pédagogiques. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 11, 161-190.
- de Hosson, C., Manrique, A., Regad, L. & Robert, A. (2018). Du savoir savant au savoir enseigné, analyse de l'exposition des connaissances en cours magistral de physique : une étude de cas. *Revue internationale de pédagogie de l'enseigne-*

- ment supérieur, 34(1).*
- Drucker-Godard, C., Fouque, T., Gollety, M. & Le Flanchec, A. (2013). Le ressenti des enseignants-chercheurs : un conflit de valeurs. *Gestion et management public, 1(2)*, 4-22.
- Henkel, M. (2004). La relation enseignement-recherche. *Politiques et gestion de l'enseignement supérieur, 16(2)*, 21-36.
- Endrizzi, L. (2011). Learning how to teach in higher education: a matter of excellence. *Dossier d'actualité Veille et Analyse, 64.*
- Lebrun, N., Bridoux, S., de Vleeschouwer, M., Grenier-Boley, N., Khanfour-Ar-malé, R., Mesnil, Z. & Nihoul C. (2018). *L'identité professionnelle des ensei-gnants-chercheurs de physique. Comparaison avec celle des mathématiciens.* Ardist 2018 (27-30 mars 2018).
- Leininger-Frézal, C. (2016). L'usage du cas et de l'exemple dans l'enseignement su-périeur : objet de recherche. *Recherche en Education, 27*, 3-5.
- Regent-Kloeckner, M. (2019). *Pratiques enseignantes à l'université et identité professionnelle. Étude en contexte de cours magistraux en biologie.* Mémoire Master recherche didactique des sciences expérimentales à l'université de Paris Diderot.
- van Lankveld, T., Schoonenboom, J., Volman, M., Croiset, G. & Beishuizen, J. (2017). Developing a teacher identity in the university context: A systematic review of the literature. *Higher Education Research & Development, 36(2)*, 325-342.

**L'OBSTACLE « RÉCIT FINALISTE » DANS LES
RECONSTITUTIONS HISTORIQUES EN GÉOLOGIE
UNE ÉTUDE DE CAS DES MISES EN ŒUVRE DE LA DÉMARCHE
HISTORIQUE DANS LES SITUATIONS DE MÉDIATION SCIENTIFIQUE DE LA
GÉOLOGIE « SUR LE TERRAIN »**

François Dessart¹

1 : Sciences et Société ; Historicité, Éducation et Pratiques (EA S2HEP)
École Normale Supérieure (ENS) - Lyon, Université Claude Bernard - Lyon I (UCBL) : EA4148

Résumé : Nous analysons dans cette communication les modalités de mise en récit de l'histoire géologique dans les situations de médiation scientifique « sur le terrain ». Nous focalisons notre attention sur les difficultés à reconstituer les événements géologiques le long d'une approche rationnelle, construite sur l'articulation de la nécessité et de la contingence des événements. Une telle prise en compte de cette articulation, qui participe fondamentalement à la démarche historique en géologie, permet selon nous de se confronter à un obstacle important de la géologie historique en général et de la médiation scientifique en particulier : le récit finaliste. Nous montrons notamment que la confusion entre phénomènes et événements nourrit un directionnalisme ad hoc de l'histoire et conduit à une inversion non-contrôlée des contingences et nécessités qui poussent l'histoire à se construire selon un « chronologisme » fondé sur un récit « déjà-écrit ».

Mots-clés : médiation, obstacle, finalisme, démarche historique, événements.

**THE OBSTACLE «FINALIST NARRATIVE»
IN HISTORICAL RECONSTRUCTIONS IN GEOLOGY
A CASE STUDY OF THE IMPLEMENTATION OF THE HISTORICAL APPROACH
IN SITUATIONS OF SCIENTIFIC MEDIATION OF GEOLOGY « ON THE FIELD »**

Abstract : In this paper, we analyze the methods of narrating geological history in situations of scientific mediation «on the field». We focus our attention on the difficulties of reconstructing geological events along a rational approach, built on the articulation of the necessity and contingency of events. Such a consideration of this articulation, which is fundamentally part of the historical process in geology, allows us to confront a major obstacle of historical geology in general and of scientific mediation in particular : the « finalist narrative ». We show that the confusion between phenomena and events nourishes an ad hoc directionalism of history, and leads to an uncontrolled inversion of the contingencies and necessities that push history to be constructed according to a «chronologism» based on a narrative « already-written ».

Keywords : Mediation, obstacle, finalism, historical approach, events.

MISE EN RÉCIT ET MÉDIATION SCIENTIFIQUE DE LA GÉOLOGIE SUR LE TERRAIN : LA DIFFICILE MISE EN ŒUVRE D'UNE DÉMARCHE HISTORIQUE RATIONNELLE

Nous souhaitons montrer, dans cette communication, les tendances à la construction de récits dits « finalistes » dans les médiations scientifiques in situ en géologie. Pour cela, nous analysons un corpus composé d'enregistrements vidéos de médiateurs scientifiques qui interviennent « sur le terrain » face à un public d'amateurs de géologie. Dans la situation que nous étudions, l'objectif est de reconstituer l'histoire géologique d'un éperon granitique situé dans les Alpes du Dauphiné : l'aiguille Dibona.

RÉCIT FINALISTE ET CONFUSIONS ENTRE PHÉNOMÈNES ET ÉVÈNEMENTS

Les situations de médiation scientifique mettent en œuvre presque systématiquement des narrations, destinées à captiver un public non-spécialiste (Jacobi, 1986 ; Charaudeau, 2008). Quand elles se pratiquent « sur le terrain », i.e. dans un site naturel choisi, ces médiations mobilisent les objets du réel sensible et tentent, non seulement d'en expliquer la présence, mais également de raconter leur histoire.

Dans le cas particulier de la médiation de la géologie de terrain, la démarche suivie est celle qui consiste à reconstituer, grâce à des narrations (Gould, 1989), les événements singuliers qui se sont produits dans une région géologique bien délimitée. Mais les phénomènes à l'origine des structures géologiques visibles dans la nature ne sont pas faciles d'accès pour le simple amateur de géologie. De plus, ces phénomènes permettent de comprendre les « mécanismes » ayant mis en place de telles structures géologiques, mais ils ne permettent pas à eux-seuls de reconstituer les événements qui en composent l'histoire.

Nous souhaitons montrer que la confusion entre phénomènes et événements géologiques constitue un obstacle important dans les médiations de la géologie sur le terrain et qu'elle conduit souvent à des reconstitutions historiques modélisées que nous avons désignées par « récits finalistes ».

LA PROBLÉMATISATION HISTORIQUE DANS LE CADRE ÉPISTÉMOLOGIQUE DU RÉCIT

Nos recherches s'appuient sur une épistémologie du problème (Bachelard, 1960) que nous croisons avec l'épistémologie du récit telle qu'elle est développée par Ricœur dans « Temps et Récit » (1983 ; 1984), mais également par Bruner (2002) dans son approche narrative de la culture (Bruner, 2015). Ces auteurs nous amènent à considérer le récit comme un outil scientifique efficace pour répondre au besoin de construire une rationalité de l'histoire géologique. Le récit n'aurait donc pas seulement des fonctions de mise en forme de l'histoire, mais jouerait également un rôle de structuration des savoirs et notamment, ceux qui, au-delà de l'explication, relèvent de la reconstitution historique telle qu'elle est envisagée dans la géologie de terrain.

Notre nous appuyons d'autre part sur les approches structuralistes du récit (Propp, 1965 ; Brémond, 1966 ; Barthes, 1966/1968) ; Greima, 1983) selon lesquelles il est possible de considérer les narrations comme mettant en place une action délimitée, construite sur une transformation du monde entre un début, un milieu et une fin. C'est là, selon nous, que réside la capacité du récit à produire un directionnalisme à l'histoire.

Nous pensons que ce directionnalisme, qui émerge de la narration, est d'un grand pouvoir heuristique. Il est notamment susceptible de poser le cadre évolutionniste dans lequel peuvent être reconstitués les événements impliquant les objets de la géologie. Ceux-ci sont ainsi, par nature, des objets historiques dont il est possible de retracer une histoire rationnelle.

L'OBSTACLE « RÉCIT FINALISTE »

Mais ce directionnalisme du récit représente également un obstacle important à la construction d'une histoire géologique. En effet, construire l'histoire repose sur une « configuration des événements et du temps » (Ricœur, 1984), qui consiste en une articulation de la nécessité et de la contingence des événements. De cette configuration - la mimesis II de Ricœur (1984) - émergent les temps linéaires qui produisent la « direction » de l'histoire. La difficulté à mobiliser ce directionnalisme trouve son origine, selon nous, dans la substitution de la configuration des événements par une simple succession d'événements (des chronotopes (Bakhtine, 1978)). Nous souhaitons faire le lien entre ces constructions narratives simplifiées et les « petites histoires ad hoc » (Orange Ravachol, 2012) que produisent certains élèves de lycées lorsqu'ils font face à des problèmes géologiques de nature historique. Nous souhaitons montrer que ces chronotopes ne traduisent pas seulement les difficultés à reconstituer une histoire des objets géologiques, mais surtout qu'ils sont l'expression d'une « intelligence narrative » (Ricœur, 1983) qui imprègne les récits et tend ainsi à faire obstacle à la construction rationnelle de l'histoire.

De tels récits, construits sur un directionnalisme pré-existant à l'histoire, nourrissent dès lors un finalisme, bien décrit en didactique des sciences de l'évolution (Paulin & Simon, 2012) et en didactique des sciences de la Terre (Crépin-Obert, 2010). C'est cet obstacle finaliste que nous envisageons ici d'analyser, notamment dans ses implications au sein des reconstitutions historiques. En effet, ce finalisme narratif fait lui aussi obstacle à la rationalité dans la construction historique, en conduisant le récit vers une sorte de « présent-cible » sans que n'interviennent les dimensions contingentes et nécessaires des événements, fondamentales à toute construction historique.

ÉTUDE DE CAS : UNE SITUATION DE MÉDIATION DE LA GÉOLOGIE « SUR LE TERRAIN »

Afin de mettre en évidence les formes que peuvent prendre ces récits finalistes dans le discours de médiation, nous avons analysé celui produit « in situ » par un médiateur scientifique. Celui-ci s'adresse à un public d'amateurs de la géologie, rassemblés dans un ancien cirque glaciaire des Alpes, au pied d'un éperon de granite, l'aiguille Dibona, dont il propose de reconstituer l'histoire géologique. Une telle aiguille de granite provient de l'érosion particulière d'un massif granitique dont l'origine remonte à la formation d'une chaîne de montagne antérieure à celle des Alpes : la chaîne hercynienne. La mobilisation de modèles explicatifs de la géologie par le médiateur, dans le cadre théorique de la tectonique des plaques, permet de construire des explications fonctionnalistes telles que les processus magmatiques à l'origine du granite, ou les processus d'érosion par gélifraction qui participent à l'écaillage particulier, responsable de la forme spectaculaire de cette aiguille. Mais de tels modèles conduisent à la construction d'une explication (fonctionnaliste) qui n'a pas le statut de reconstitution historique.

UNE MÉTHODOLOGIE CONSTRUITE SUR LA RECHERCHE CIBLÉE D'INDICATEURS DE MISE EN RÉCIT

Notre objectif est donc de rechercher, dans le discours du médiateur de terrain, comment les phénomènes (d'affinité fonctionnaliste) s'articulent aux événements (d'affinité historique) le

long de la reconstitution de l'histoire géologique de l'aiguille Dibona. Nous devons pour cela focaliser notre attention sur la façon dont ce médiateur produit un directionnalisme historique, seul capable de rendre compte du cadre évolutionniste dans lequel les objets géologiques acquièrent une signification historique.

Nous avons repéré cette mise en œuvre d'un directionnalisme historique dans le discours du médiateur grâce à des indicateurs que nous avons produits selon deux axes méthodologiques.

Le premier, qui consiste à détecter les diverses formes de mises en récit, repose sur trois jeux d'indicateurs :

- indicateurs de rupture dans le cours des choses / Péripiéties ;
- indicateurs de mise en intrigue / tension narrative ;
- indicateurs de structure quinaire ou structure en début-milieu-fin.

Le deuxième axe méthodologique consiste en une analyse du traitement de la nécessité et de la contingence des événements dans les constructions narratives repérées dans le discours.

La mise en œuvre conjointe de ces deux axes méthodologiques, nous a permis de nous focaliser spécifiquement sur l'usage qui est fait de la nécessité dans les mises en récit. Cette nécessité pouvant se présenter comme « prograde », c'est-à-dire dans le sens chronologique, ou bien dans le sens « rétrograde », c'est-à-dire dans le sens anti-chronologique (ce qui correspond à la nécessité logique de Wittgenstein (2001)).

Une telle méthode de recherche du directionnalisme dans le récit, nous a permis de préciser en quelque sorte le « niveau de rationalité » que présente la construction des événements de l'histoire géologique en cours de reconstitution. Elle nous a conduit notamment à mettre en évidence une distinction importante entre le raisonnement rétrodictif des scientifiques et le raisonnement à tendance finaliste du médiateur.

RÉCIT FINALISTE ET OBSTACLE DU « RE-RACONTER »

Nos résultats montrent que le médiateur, quand il reconstitue l'histoire géologique de l'aiguille Dibona, tend à construire un récit en direction d'un « déjà-écrit » :

« Bien, cette montagne, une fois qu'elle s'est soulevée, y a plus qu'une chose qui peut lui arriver, c'est d'être grignotée par l'érosion » TG-Eh7

(...)

« l'érosion, ... on grignote la montagne » TG-Eh9

« mais je vais la grignoter par le dessus » TG-Eh10

Nous avons défini cette tendance au finalisme par l'« obstacle du re-raconter » qui désigne, selon nous, le fait que raconter une histoire suppose de la connaître auparavant et donc, de prendre appui sur cette connaissance comme une référence, une sorte de donnée historique pré-établie. Au lieu de chercher à configurer les événements entre eux, le médiateur s'en tient à une juxtaposition de phénomènes modélisés dans le temps, censés jouer le rôle d'événements. Il y a là, véritablement, une confusion entre phénomènes et événements.

Cette confusion, longuement analysée par Orange Ravachol (2012), nourrit selon nous un finalisme du récit qui se construit dans la direction du modèle de référence : un modèle fonctionnaliste permettant d'expliquer les phénomènes géologiques impliqués, mais ne permettant pas de construire les événements et les temps linéaires au travers d'une articulation entre nécessité et contingence.

RÉCIT FINALISTE ET INVERSION DE LA CONTINGENCE EN NÉCESSITÉ

Le médiateur se retrouve donc en quelque sorte enfermé dans une histoire « à raconter », qu'il doit conduire dans une direction bien définie :

« (...) y a plus qu'une chose qui peut lui arriver (...) » TG-Eh7

C'est un peu comme si le modèle fonctionnaliste sur lequel il s'appuie, « aspirait » les événements vers un actuel géologique. Cet « effet entonnoir » produit une convergence des événements vers une fin (positionnée chronologiquement dans le présent et considérée logiquement comme la terminaison du récit) qui tend à tuer la contingence en obligeant l'histoire à suivre un chemin pré-défini, qui aboutit à l'actuel. C'est là une autre forme de finalisme qui se nourrit, d'après nous, d'une inversion maladroite de la contingence en nécessité, un peu comme si l'histoire devait se produire « par nécessité » selon une chronologie pré-établie.

Or, cette tendance au « chronologisme » (Allieu-Mary, 2010) ne construit pas l'histoire de façon rationnelle. Et comme le précise Wittgenstein : « Rien ne contraint quelque chose à arriver du fait qu'autre chose soit arrivé. Il n'y a de nécessité que logique » (Wittgenstein, 2001). Cette construction logique de la nécessité des événements par les scientifiques se fait selon une rétrodiction, que nous rapprochons de ce que Ricœur désigne par « l'inversion de l'effet de contingence en effet de nécessité » (Ricœur, 1980). De cette inversion naît la rationalité de l'histoire. Le champ des possibles, ouvert par la contingence dans le sens chronologique, se referme par rétrodiction, dans le sens anti-chronologique (Orange Ravachol, 2012), sur des nécessités historiques. Pour le dire autrement : ce qui était possible dans une pré-figuration de l'histoire, devient nécessaire après configuration des événements.

Mais dans ce que nous avons analysé, ce n'est pas ce type d'inversion qui semble se mettre en place mais davantage une « inversion de nécessité » qui, au lieu de se construire comme logique, par rétrodiction, devient chronologique et met en place dès lors des chronotopes. Et les conséquences d'une telle inversion sont importantes : elle produit des événements qui ne sont plus contingents par nature mais enfermés dans une direction qui prend des allures de « destination », voire même de « destinée ». Or des événements ne sont pas contraints par l'histoire : ce serait plutôt l'inverse. Celle-ci se construit sur les nécessités qui relient les événements entre eux. Sans ces nécessités, les événements ne seraient que des occurrences, qui ne font pas l'histoire. Enfin, une telle inversion de nécessité empêche également de comprendre que le directionnalisme « émerge » de l'histoire et donc qu'il n'est pas un « donné » qu'il suffirait de prendre en compte pour reconstituer le passé.

La rationalité de l'histoire repose donc fondamentalement sur la configuration des événements, contingents par nature, et construits sur des nécessités.

CONCLUSION

La construction de récits finalistes repose ainsi sur ce que Ricœur définit comme une « intelligence narrative », qui conduit le récit à se construire de lui-même, en suivant des formes canoniques, depuis les événements du passé vers le présent pris comme cible. Ce présent représente un but à atteindre et pousse ainsi au finalisme. D'une part, le récit prend des formes d'histoires « déjà-écrites » au sein desquelles le re-raconter induit le finalisme du fait que l'histoire étant connue, elle « doit » se dérouler selon un schéma pré-établi. D'autre part, le présent joue un rôle d'« entonnoir » vers lequel l'histoire n'a pas d'autre possibilité que de s'engager pour déboucher sur le présent.

Or, même si le présent joue un rôle fondamental dans la construction de l'« actuel géologique », il ne peut servir de point de fuite aux événements du passé.

Considérer l'histoire géologique en la dissociant de la cible du présent représente donc un enjeu important de la démarche historique qui se confronte à cet obstacle tenace qu'est le finalisme historique. C'est donc par une articulation rigoureuse de la contingence et de la nécessité des événements qui se construit le directionnalisme de l'histoire, à l'origine des temps géologiques linéaires.

BIBLIOGRAPHIE

- Allieu-Mary, N. (2010). Penser l'espace et le temps en cours d'histoire-géographie. In *Enseigner l'espace et le temps à l'école et au collège. Obstacles, pratiques, outils* (pp. 57-108). Lyon : INRP.
- Bachelard, G. (1960). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Bakhtine, M. (1978). *Esthétique et Théorie du Roman*. Paris : Gallimard.
- Barthes, R. (1966). Introduction à l'analyse structurale du récit. *Communications*, 8, 1-27.
- Barthes, R. (1968). L'effet de réel. *Communications*, 11, 84-89.
- Brémond, C. (1966). La logique des possibles narratifs. *Communications*, 8, 60-76.
- Bruner, J. S. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ?* Paris : Retz.
- Bruner, J. S. (2015). *Car la culture donne forme à l'esprit. De la révolution cognitive à la psychologie culturelle*. Paris : Retz.
- Charaudeau, P. (2008). De la situation et du contrat de communication. In P., Charaudeau, (Ed.), *La médiatisation de la science. Clonage, OGM, Manipulations génétiques* (pp. 11-22). Bruxelles : De Bœck.
- Crépin-Obert, P. (2010). *Construction de problèmes et obstacles épistémologiques à propos du concept de fossile étude épistémologique comparative entre des situations de débat à l'école primaire et au collège et des controverses historiques du XVII au XIX siècle* Thèse de doctorat. Université de Nantes.
- Gould, S. J. (1989). *La vie est belle*. Paris : Seuil.
- Greimas, A. J. (1983). *Du sens. Essais sémiotiques*. Paris : Seuil.
- Jacobi, D. (1986). *Diffusion et vulgarisation : itinéraires du texte scientifique*. Besançon : Annales littéraires de l'université de Besançon. Les Belles Lettres.
- Orange-Ravachol, D. (2012). *Didactique des sciences de la Vie et de la Terre*. Rennes : PUR.
- Paulin, F. & Simon, J. (2012). Fonction, explication et enseignement de la sélection naturelle. *Bulletin pédagogique trimestriel de l'APBG (association des professeurs de Biologie et de Géologie)*, 4, 75-89.
- Propp, V. (1965). *Morphologie du conte*. Paris : Seuil.
- Ricœur, P. (1980). Pour une théorie du discours narratif. In *La narrativité*. Paris : Éditions du CNRS.
- Ricœur, P. (1983). *Temps et récit, tome 1, L'intrigue et le récit historique*. Paris : Seuil.
- Ricœur, P. (1984). *Temps et récit, tome 2, La configuration dans le récit de fiction*. Paris : Seuil.
- Wittgenstein, L. (2001). *Tractatus logico-philosophicus*. Paris : Gallimard.

LA CONSTRUCTION DU CONCEPT DE SUBDUCTION EN TERMINALE S : PROBLÉMATISATION DES CHERCHEURS ET PROBLÉMATISATION DES LYCÉENS

Maroua Eltaief¹, Denise Orange-Ravachol², Yann Lhoste¹

1 : Laboratoire d'épistémologie et de didactiques des disciplines de Bordeaux (Lab-E3D)
Université de Bordeaux

2 : Centre Interuniversitaire de Recherche en Education de Lille (CIREL) - EA 4354 (CIREL)
Université de Lille : EA4354

Résumé : Cette contribution s'intéresse à la problématisation en sciences de la Terre. Elle vise à étudier comment les lycéens de Terminale S peuvent s'engager dans la construction du concept de subduction au cours d'un débat scientifique sur le problème de la formation de chaînes de montagnes. Nous mettons en comparaison la problématisation des chercheurs et celle des lycéens. Ces précisions vont nous permettre de dégager certaines difficultés rencontrées par les élèves dans la construction du problème de la subduction.

Mots clés : Subduction, problématisation, comparaison, difficultés, contexte.

INTRODUCTION

La subduction constitue un sujet d'étude majeur qui est pris en compte par les programmes de SVT de Terminale S de 2011, consacrés à l'étude du thème « la convergence lithosphérique : contexte de formation des chaînes de montagnes ». L'objectif, dans cette contribution, est d'étudier les difficultés rencontrées par des lycéens de Terminale S dans la construction de ce concept. Ainsi, nous nous focalisons, d'une part, sur la manière dont les scientifiques le construisent ; puis nous étudions, d'autre part, comment des lycéens (17-18 ans) l'abordent. Il s'agit en fait de mener une analyse épistémique des différentes explications que ceux-ci proposent en nous inscrivant dans le cadre théorique de la problématisation et en suivant la méthodologie décrite par Orange (2000), Orange Ravachol (2003), Lhoste (2008). Cela nous permet d'identifier les nécessités associées à ce concept construites par les chercheurs géologues et celles qui sont ou non construites par des lycéens en fonction des registres explicatifs qu'ils mobilisent pour penser les explications géologiques. Ce faisant, nous repérons et discutons des problèmes qui se posent vraiment aux élèves.

LE CADRE THÉORIQUE DE LA PROBLÉMATISATION

Notre recherche s'ancre dans le cadre théorique de la problématisation en sciences de la Terre (Orange-Ravachol, 2003) qui s'inscrit dans une approche rationaliste de l'activité scientifique. Pour nous, « le savoir scientifique ne peut en rien se limiter aux solutions des problèmes. C'est un savoir problématique et raisonné, dont l'épaisseur renvoie au travail des problèmes et à la construction argumentée des solutions » (Orange-Ravachol, 2010 a, p. 6-7).

Dans cette approche rationaliste de problématisation, travailler les problèmes conduit à dégager des nécessités (des raisons) qui contraignent les solutions et leur donnent un caractère apodictique.

En sciences de la Terre, les problèmes sont de deux types : fonctionnalistes (ils concernent le fonctionnement de la Terre) et historiques (ils portent sur la reconstitution de l'histoire de cette planète). Ces deux types de problèmes s'articulent, comme dans le cas que nous étudions.

En effet, dans cette contribution, nous nous intéressons à la subduction dans un contexte de formation d'une chaîne de montagnes de collision. La subduction est un concept de première importance de la théorie de la tectonique des plaques. Elle correspond au plongement de plaques océaniques dans le manteau terrestre, en certaines zones du globe, « suivant des angles variables jusqu'au moins 700 km de profondeur » (Nicolas, 1999, p. 191). C'est un processus de convergence des plaques lithosphériques qui se comprend comme nécessairement complémentaire de l'accrétion, processus d'agrandissement de la lithosphère constitutive des plaques océaniques au niveau des zones de dorsales (zone de divergence entre plaques). Le globe terrestre conservant des dimensions fixes, si la lithosphère qui représente sa périphérie s'agrandit en certaines zones, il faut envisager qu'elle disparaisse en d'autres endroits. Voyons tout d'abord de quelle manière les géologues expliquent ce fonctionnement du globe terrestre, à quels modèles explicatifs ils recourent, les contraintes et les nécessités qu'ils mobilisent. Ces approfondissements vont nous aider ensuite à analyser les interventions des lycéens confrontés à ce problème.

LA NÉCESSITÉ D'UN « ENFONCEMENT » DES PLAQUES TECTONIQUES

Dans le cadre théorique de la tectonique des plaques, les géologues articulent le fonctionnement de la Terre dans sa globalité à ce qui se passe plus localement. Partant de l'idée que le globe terrestre n'est pas en expansion, si les plaques s'agrandissent d'un côté (elles se renouvellent en effet au niveau des dorsales océaniques ; le magmatisme en atteste), il est nécessaire qu'elles disparaissent ailleurs : « Si l'on suppose constant le rayon terrestre, la croûte créée par l'expansion à partir des dorsales doit être détruite ailleurs » (Hallam, 1976, p. 106). Où et comment se fait cette « disparition » ? Hallam écrit qu'« On sait depuis longtemps que l'activité tectonique à l'intérieur de la lithosphère se trouve confinée presque exclusivement dans une série de zones étroites » (Ibidem, p. 108). Parmi ces zones actives, il en est une où les foyers des séismes s'alignent selon un plan incliné (plan de Wadati-Benioff) qui pourrait être associé à la figure d'enfoncement d'une plaque sous une autre. La subduction est considérée alors « Comme complémentaire de l'accrétion où se crée la lithosphère océanique, et qui permet, en compensation de maintenir le globe terrestre dans ses dimensions supposées fixes » (Aubouin, 2010, p. 1). C'est une solution plausible répondant à la nécessité d'une « disparition » des plaques. Mais quels sont les mécanismes qui conduisent à la « disparition » des plaques par enfoncement ? Les données de la sismologie montrent que l'isotherme 1300°C est une « limite thermique de part et d'autre de laquelle les péridotites changent de comportement mécanique, et non d'un changement de nature des roches » (Jolivet, 2011, p. 24-25). Cette limite thermique matérialise la partie basale des plaques (la limite lithosphère-asthénosphère ou lithosphère-manteau asthénosphérique). Elle joue un rôle primordial dans l'explication de l'enfoncement d'une plaque sous l'autre : en effet « Sous l'axe de la dorsale, l'asthénosphère chaude qui atteint des températures voisines de 1300°C (ici le manteau partiellement fondu) est directement au contact de la croûte. La lithosphère n'est alors constituée que de la croûte » (Jolivet, 1997, p. 47). En s'éloignant de la dorsale, l'isotherme 1300°C « s'enfonce au sein du manteau et donc, la lithosphère s'épaissit au dépens de l'asthénosphère. Cet épaississement et la contraction thermique des matériaux de la lithosphère alourdissent celle-ci » (Jolivet, 1997, p. 47) la rendant plus dense et entraînant son enfoncement. L'instabilité gravitationnelle (par augmentation de la densité de la lithosphère océanique en s'éloignant de l'axe de la dorsale) est une solution possible pour répondre à la nécessité d'enfoncement.

LA SUBDUCTION DANS LE CONTEXTE DE LA FORMATION D'UNE CHAÎNE DE MONTAGNES

DE COLLISION

L'étude de la convergence lithosphérique et de la subduction dans le contexte de formation d'une chaîne de montagnes de collision comme l'Himalaya, représente un cas particulier du problème de la disparition des plaques. Cette étude est d'autant plus complexe que, dans le cadre théorique de la tectonique des plaques, l'orogénèse (la formation des reliefs montagneux) conduit à travailler plusieurs « sous-problèmes » et à mobiliser en particulier de nouvelles contraintes empiriques. Parmi ces « sous-problèmes », nous avons la position émergée et « perchée », au sein des massifs montagneux, de lambeaux de roches caractéristiques de la lithosphère océanique (les ophiolites) et de fossiles marins. Cela permet de construire la nécessité d'une formation de ces roches dans le contexte d'une dorsale océanique (accrétion). La mise en jeu d'autres contraintes empiriques comme le pendage des formations rocheuses ou encore les plans de schistosité au sein des roches conduisent à envisager des compressions et des déformations, voire des charriages. La présence dans ces roches « perchées » de minéraux caractéristiques d'un métamorphisme haute pression – basse température (HP-BT) oblige à penser que ces roches ont subi des transformations dans les conditions d'un enfouissement.

Toutes ces données pétrologiques, tectoniques et sismiques orientent vers la mobilisation articulée de plusieurs processus : l'accrétion océanique, la subduction, l'exhumation (c'est-à-dire « remontée vers la surface » des roches de la lithosphère enfouie, à travers « le canal de subduction » (Jolivet, 2011, p. 8) ; l'obduction autrement dit « la mise en place d'un fragment de lithosphère océanique [ophiolites] sur une marge continentale » (Nicolas, 1999, p. 189) et la collision de masses continentales conduisant à la surrection (c'est-à-dire un soulèvement orogénique entraînant la formation de relief). Puisqu'il est nécessaire d'envisager d'un côté la formation des roches d'origine océanique dans un cadre distensif [nécessité1] et de considérer, d'un autre côté, la transformation de ces roches en roches métamorphiques dans un contexte de convergence (subduction) [nécessité 2], le passage du régime tectonique (d'une divergence à une convergence) est donc une nécessité qui résulte des deux premières nécessités (Orange Ravachol, 2010 b).

Sans prétendre à l'exhaustivité, le schéma de la figure 1 tente une représentation de l'espace des contraintes théoriques et empiriques que les géologues peuvent construire lorsqu'ils s'emparent du problème de la formation d'une chaîne de montagnes de collision en lien avec un registre explicatif relevant de la théorie de la tectonique des plaques. C'est avec ces repères épistémologiques que nous allons nous intéresser au fonctionnement d'élèves d'une classe de Terminale S.

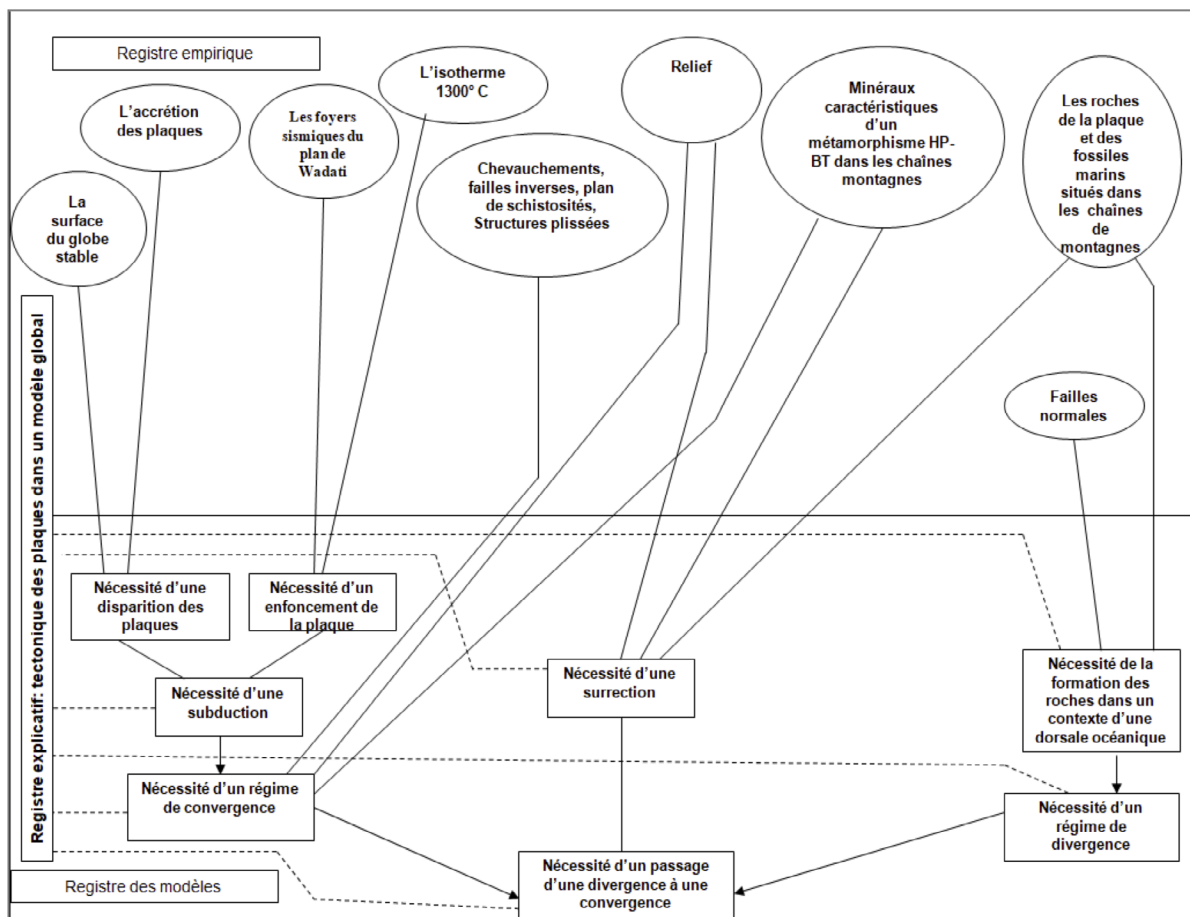


Figure 1: Problème de la subduction : espace de contraintes des chercheurs (d'après Orange-Ravachol, 2010 b)

MÉTHODOLOGIE

La séquence de classe de SVT en terminale S que nous étudions, est consacrée à « La convergence lithosphérique et la formation des chaînes de montagnes ». Il s'agit d'une séquence « ordinaire » réalisée sous la responsabilité intégrale d'une professeure expérimentée. Elle comporte quatre séances et a été entièrement enregistrée en audio, puis transcrite. Lors de la première séance consacrée à l'étude des traces d'un ancien océan (les ophiolites et les marges passives) au sein de la chaîne de montagne, l'enseignante a présenté et défini la subduction. Durant la deuxième séance, les élèves ont été invités à expliquer, à partir de trois documents (l'histoire des Alpes, diagramme de stabilité des minéraux, isothermes de température des zones de subduction), cet épisode de subduction [c'est-à-dire un enfoncement de la lithosphère océanique] (Annexe. 1) de l'histoire des Alpes. La troisième et la quatrième séance ont porté sur la compréhension du « moteur de la subduction » [c'est-à-dire, ce qui entraîne cet enfoncement]. Pour cela, l'enseignante a fourni aux élèves la figure présentée dans l'annexe 2 et qui montre l'épaississement de la lithosphère océanique en s'éloignant de l'axe de la dorsale.

Nous portons une attention particulière aux échanges entre les élèves et la professeure qui se sont tenus dans ces quatre séances, dans le but d'identifier les problèmes pris en charge par les élèves ; les contraintes et les nécessités qu'ils entrevoient ; l'échelle d'étude où ils se situent et les difficultés qu'ils rencontrent.

PREMIERS RÉSULTATS ET DISCUSSION

Cette recherche fait partie de notre projet de doctorat. Compte tenu de son avancée, nous en présentons, dans cette communication, les premiers résultats obtenus.

LES PROBLÈMES PRIS EN CHARGE PAR LES ÉLÈVES

Il est important de préciser que, dès le début du chapitre, l'enseignante présente à la classe la subduction comme une solution (S1-1- P. « vous voyez deux plaques qui n'ont pas la même densité, vous avez une qui va faire quoi ? Qui va passer au-dessous ») sans que celle-ci soit construite par la classe, comme cela pourrait être le cas dans une séquence forcée (Orange, 2010) inscrite dans le cadre de la problématisation. Puis, elle poursuit pour bien fixer ce contexte d'étude.

S1-3- P¹. « Alors cette subduction, on va parler beaucoup, vous avez un chapitre trois qui va être complètement, si vous voulez, sur ce thème-là, sur la subduction et tout ce qui est associé ».

S1-5-P. « Alors, vous avez deux contextes : soit, vous avez la collision (contexte de collision) ou alors, un contexte de subduction. Alors, on verra que tout ça est lié ».

Les élèves ont donc reçu cette solution sans être amenés à la questionner. De quelle manière l'ont-ils reçue ? Qu'induit-elle chez eux en matière de problématisation, de contraintes et de nécessités qu'ils pourraient construire ? Car même si des éléments de solution au problème de l'orogénèse leur sont ainsi donnés, il est possible que certaines orientations des échanges les conduisent à remonter aux raisons qui les fondent, au moins partiellement. En fait, ce sont surtout des points problématiques que soulèvent les élèves.

1 S1-3-P : S1 = Séance 1 ; 3 : intervention 3; P:Professeur

Sur la subduction elle-même, comme en séances 1 et 2, où après que l'enseignante (S1-38-P, S2-51-P) a fait référence à l'océan en disant « À quel niveau, il y a mort de la croûte océanique... ça s'enfouit, ça s'appelle subduction » et « Il [l'océan] a dû se fermer, il a dû disparaître », un élève a demandé (S2-56- Élève L. « C'est quoi la subduction ? »). Non seulement la disparition de la lithosphère océanique par subduction n'est pas construite en classe comme nécessité pour garder les dimensions fixes du globe terrestre (alors que les élèves ont déjà étudié les processus d'accrétion océanique), mais cette solution, en apparence plutôt acceptée par les élèves (effet de contrat didactique), n'en reste pas moins pour eux un processus énigmatique. Pour expliquer le moteur de la subduction, l'enseignante utilise dans la 2^{ème} et la 3^{ème} séance la notion de densité et de limite thermique :

S2-85-P : « votre croûte qui est froide, qui est dense. Du coup, elle est très dense qu'elle a tendance à s'enfoncer »

et S3-185-P : « Comment ça se fait là tout à coup elle va plonger [...] En fait, par rapport à la densité et la nature de cette croûte océanique [...] Au cours de son vieillissement, la LO se refroidit [...] Voilà, la limite lithosphère-asthénosphère c'est une limite [...] de température, c'est l'isotherme 1300°C [...] elle va se situer à une profondeur différente, fonction de l'endroit [...] par rapport à l'axe de la dorsale [...] Plus je m'éloigne, plus la lithosphère refroidit, plus je creuse plus profondément pour arriver à 1300°C. Donc, je vais avoir mon lithosphère qui va être plus épaisse [...] La séparation entre l'asthénosphère et la lithosphère c'est bien une limite thermique »

Suite à ce qui a été dit par la professeure, l'intervention de l'élève L dans la 4^{ème} séance (S4-209-Élève L : « Pourquoi déjà il y a plus de lithosphère, quand on s'éloigne de la dorsale ») montre que l'enfoncement de la lithosphère par augmentation de l'épaisseur et de la densité n'est pas construite comme nécessité. Donnée comme une solution, elle prend peu de sens pour l'élève (sa question le montre bien).

Au cours du débat, à partir de l'analyse de ce que disent les élèves, nous pouvons identifier plusieurs problèmes posés par cette solution.

- Le problème d'un « vide » au niveau de la fosse océanique d'une zone de subduction

Ce problème est exprimé par un élève après que le professeur (S2-85-P) a précisé que « la croûte océanique, elle va avoir tendance à plonger en dessous et, quand elle plonge, elle forme quoi ? Elle forme un creux et ce creux, on appelle ça une fosse, on appelle ça une fosse océanique. Vous avez un relief négatif ici ». Ce à quoi cet élève répond aussitôt (S2-86-Élève L) : « Dans ce cas, il va y avoir un vide ici ». L'enfouissement de la lithosphère océanique se conjuguait à la formation d' « un vide », situé selon l'élève entre l'axe de la dorsale et la zone de subduction (l'élève a dit « ici » et il a indiqué par ses mains la zone concernée). L'explication de l'élève montre la difficulté qu'il a à articuler deux processus synchrones qui sont l'enfoncement de la lithosphère océanique (au niveau de la zone de subduction) et le remplacement de cette lithosphère qui a plongé, par la formation continue d'une nouvelle lithosphère océanique (au niveau de la dorsale). Tout se passe comme s'il considérait la plaque comme un objet immuable et permanent.

- Le problème de la position perchée, dans les Alpes, des minéraux des roches métamorphiques d'origine océanique

Les interventions de l'élève S. (S2-94) « Est-ce qu'on ne les trouve pas dans les chaînes ? Ici ? » et (S2-96). « Mais ça se descend » montrent que celle-ci a réussi à détecter le problème de la

position anormale des minéraux des roches métamorphiques d'origine océanique, mais sans arriver à trouver une explication de ce problème (et même sans parvenir à le formuler explicitement ou même à le thématiser).

- Le problème du métamorphisme des zones de subduction

Les interventions de l'élève M (S2-134). « Dans une subduction, ça s'enfonce » puis (S2-136) « Alors, le gradient géothermique est plus chaud » mettent au jour le problème du métamorphisme des zones de subduction qu'il considère de HP-HT (au contraire des géologues, qui le qualifient de HP, BT) puisque pour lui, durant la subduction, la lithosphère océanique s'enfonce en profondeur (marquée selon lui par une augmentation de la température et de la pression). Là encore, difficile pour l'élève de formuler explicitement, ou même de thématiser, ce qui lui pose problème.

- Le problème du devenir de l'eau

L'intervention de l'élève A (S2-70) concerne la destinée de l'eau (« Et l'eau, elle va où ? »). Elle vient après que le professeur a parlé de la complète disparition et fermeture de l'océan. L'eau en question est celle de l'océan et non pas celle contenue dans les roches subduites. D'un évènement local, l'élève semble passer à une plus grande échelle spatiale, avec un problème de déplacement de masse océanique qu'il conjugue dans une même échelle de temps au problème de la subduction. Or, comme le dit Jolivet, le mouvement de la masse océanique « se fait à des vitesses rapides (ce sont les vitesses du bateau) » et qui « n'a rien à voir avec les mouvements des plaques les unes par rapport aux autres, qui sont de quelques cm/an » (Jolivet, durant notre entretien avec lui le 25 Novembre 2019).

Numéro de la séance	Thème travaillé par la classe	Les documents supports	Les problèmes des élèves
La première séance	-Les traces d'un ancien océan (ophiolites, marges passives). -Le contexte de fermeture d'un océan (la présentation de la subduction par l'enseignante comme solution).	-Carte de la distribution des chaînes de montagnes -Image et coupe d'une ophiolite de Chenaillet. -Image de radiolarites et de radiolaires. -Vidéo sur la formation d'une marge passive et schéma d'une marge passive (avec les failles normales associées).	-Le problème d'un ancien domaine océanique dans les chaînes de montagnes.
La deuxième séance	-L'enfoncement de la L.O dans les zones de subduction (métamorphisme et subduction). -Le contexte de fermeture d'un océan (la présentation de la subduction par l'enseignante comme solution) -Le moteur de la subduction (l'augmentation de la densité de la L.O en s'éloignant de l'axe de la dorsale provoquant son enfoncement est donnée comme solution par l'enseignante).	Annexe 1: -Document 1: L'histoire des Alpes. -Document 2: Diagramme de stabilité des minéraux. -Document 3: isothermes de température des zones de subduction.	-Le problème de la subduction : (S2-56- Elève L. « C'est quoi la subduction ? ») -Le problème du métamorphisme des zones de subduction. -Le problème d'un « vide » au niveau de la fosse océanique d'une zone de subduction . -Le problème de la position perchée, dans les Alpes, des minéraux des roches métamorphiques d'origine océanique . -Le problème du devenir de l'eau.
La troisième séance	-Le moteur de la subduction (l'augmentation de la densité en s'éloignant de l'axe de la dorsale provoquant son enfoncement est redonnée comme solution par l'enseignante)	Annexe 2: Fig: Le moteur de la subduction	
La quatrième séance	-Le moteur de la subduction (suite)	Annexe 2: Fig: Le moteur de la subduction	-Le problème de l'augmentation de l'épaisseur de la lithosphère océanique en s'éloignant de l'axe de la dorsale: (S4-209-Elève L : « Pourquoi déjà il y a plus de lithosphère, quand on s'éloigne de la dorsale »)

Tableau 1 : Les problèmes pris en charge par les élèves au cours de la séance

COMPARAISON ENTRE LES EXPLICATIONS DES CHERCHEURS ET CELLES DES ÉLÈVES

Au terme de cette étude sur la construction du concept de subduction, nous tentons dans cette partie de faire une comparaison entre les explications des chercheurs et celles des élèves. Nous remarquons tout d'abord qu'au cours des échanges en classe, la subduction n'a pas été construite dans un contexte de problématisation, mais plutôt présentée comme une solution donnée non questionnée et non questionnable. Cependant, cette solution, tout au long de la séquence, va tout de même permettre à certaines questions ou problèmes d'élèves d'émerger. Ces questions sont plus ou moins reconstruites en tant que problèmes, à partir des modèles explicatifs disponibles. Mais elles ne font pas encore système comme dans les explications des géologues. À partir des problèmes dégagés par les élèves, nous pouvons avancer l'hypothèse forte d'un écart entre les registres explicatifs mis en jeu par les élèves et ceux des chercheurs. Ainsi, par exemple, si les chercheurs s'inscrivent dans le cadre théorique de la tectonique des plaques qu'ils font fonctionner à différentes échelles, les élèves se placent dans un contexte de dérive des plaques et se cantonnent davantage à l'échelle locale.

CONCLUSION

Dans cette communication consacrée à la construction du concept de subduction, nous avons pu mettre en valeur un écart entre la problématisation des chercheurs et ce qui s'est déroulé en classe de Terminale S, où la subduction n'a pas été construite dans un contexte de problématisation mais plutôt présentée comme une solution donnée (et peu raisonnée) pour être ensuite utilisée comme telle dans les échanges (sans être discutée ou questionnée). À partir des problèmes qu'ont fait émerger les élèves, nous lions l'écart entre les raisonnements des chercheurs et ceux des élèves au fait, notamment, que les premiers s'inscrivent dans le cadre global de la tectonique des plaques quand les seconds se limitent pour partie au contexte de la formation d'une chaîne de montagnes de collision avec des plaques « chosifiées ». Il sera intéressant maintenant de voir si, pour les autres problèmes liés à la formation des chaînes de montagnes (problèmes de collision et d'obduction), les élèves arrivent ou pas à construire des nécessités comparables à celles des chercheurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Aubouin, J. (2010). *Subduction*. Encyclopedia Universalis : E.U.
- Hallam, A. (1976). *Une révolution dans les sciences de la Terre*. Paris : Le Seuil.
- Jolivet, L. (1997). *La déformation des continents*. Paris : HERMANN.
- Jolivet, L. (2011). *Comment poussent les montagnes ?* Paris : Le Pommier.
- Lhoste, Y. (2008). *Problématisation, activités langagières et apprentissage dans les sciences de la vie. Étude de quelques débats scientifiques dans la classe dans deux thèmes biologiques : nutrition et évolution*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation. Université de Nantes.
- Nicolas, A. (1999). *Les montagnes sous la mer*. Orléans : BRGM.
- Orange, C. (2000). *Idées et raisons : construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en Sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire de recherche pour l'H.D.R. Université de Nantes.
- Orange, C. (2010). Situations forcées, recherches didactiques, et développement du métier enseignant. *Recherches en éducation, HS, 2*, 73-85.
- Orange-Ravachol, D. (2003). *Utilisations du temps et explications en Sciences de*

- la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques.*
Thèse de doctorat. Université de Nantes.
- Orange-Ravachol, D. (2010 a). *Problématisation fonctionnaliste et historique dans la construction de savoirs et les apprentissages en sciences de la terre et de la vie. Entre continuité phénoménale et discontinuité événementielle.* Mémoire de recherche pour l'HDR. Université de Nantes.
- Orange-Ravachol, D. (2010 b). Efforts de problématisation et choix en situation : cas d'enseignants expérimentés et moins expérimentés. Quelle place pour la problématisation ? In M. Fabre, Dias de Carvalho & Y. Lhoste (Eds) (2010). *Expérience de problématisation en éducation, Aspects philosophiques, sociologiques et didactiques* (pp. 135-155). Porto : Edições Afrontamento.

ANNEXE 1- FICHE DE TRAVAIL SUR L'ÉPISODE DE SUBDUCTION QUI ACCOMPAGNE L'HISTOIRE DES ALPES

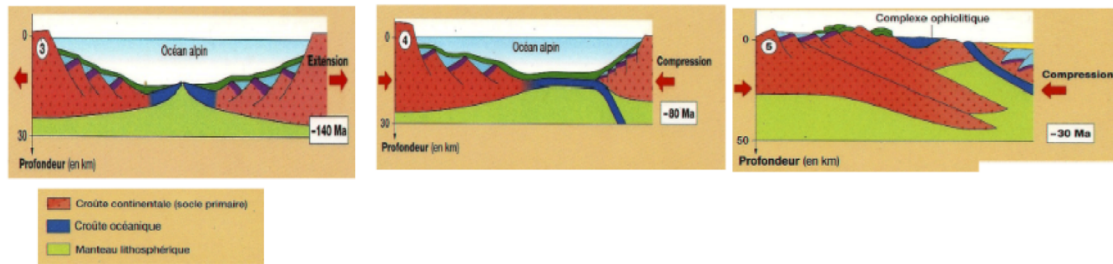
TP. La formation des chaînes de montagnes : un exemple : Les Alpes

Dans les Alpes, on retrouve des indices témoignant de la présence d'un ancien océan. (Ophiolites, traces d'une ancienne marge passive).

On cherche à montrer que l'histoire des Alpes comprend un épisode de subduction.

Ressources :

Document : L'Histoire des Alpes

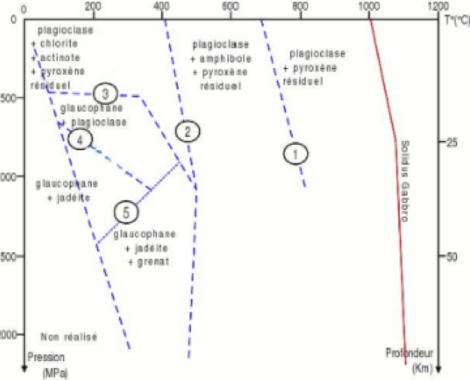


A noter : Lors de la subduction, les roches de la croûte océanique subissent des transformations minéralogiques au cours de leur enfouissement (métamorphisme).

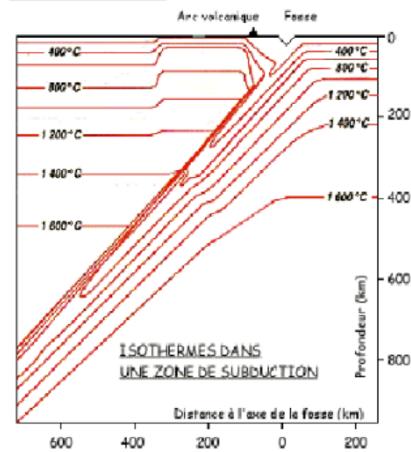
Le métamorphisme caractéristique des zones de subduction est un métamorphisme de haute pression, basse température.

La haute pression est due à l'enfouissement de la croûte océanique, et la température basse est due au fait que la croûte océanique âgée qui subduit est assez froide (voir document isothermes).

Document 1: domaine de stabilité de quelques minéraux



Document 2 : Isothermes de température dans une zone de subduction



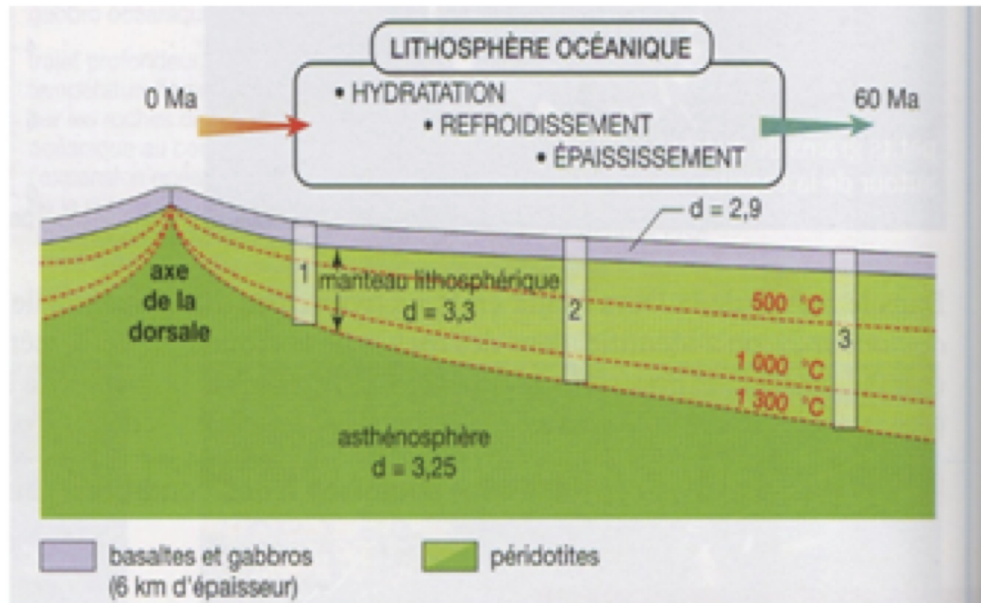
MATERIEL DISPONIBLE

-Echantillons macroscopiques et lames minces de 2 roches métamorphiques trouvées dans les Alpes : un métagabbro du Queyras et une éclogite du Viso (roche qui a subi un métamorphisme de haute Pression/basse température).

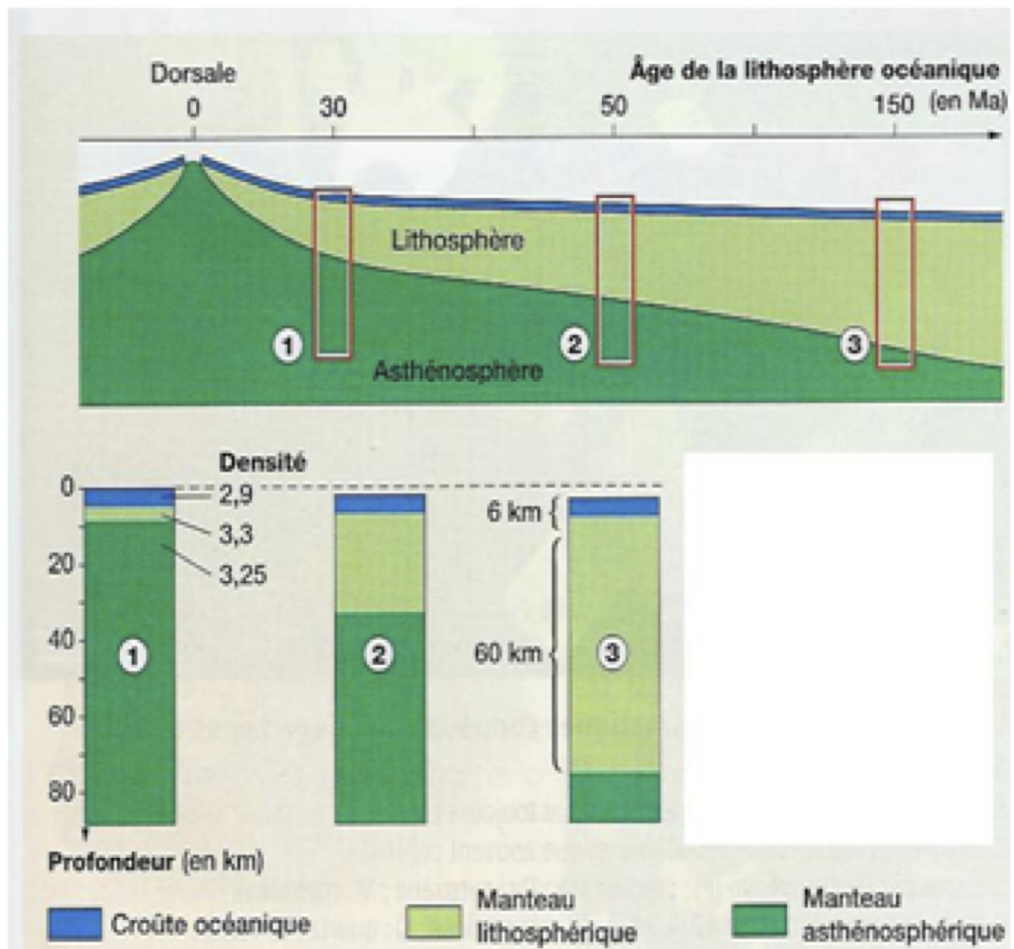
-Microscope polarisant (filtres et oculaires spécifiques) et fiche technique+CAM-USB + fiche technique » détermination des minéraux.

ANNEXE 2- FICHE DE TRAVAIL SUR LE MOTEUR DE LA SUBDUCTION

Le moteur de la subduction



En vieillissant, la lithosphère océanique continue à se refroidir et s'épaissit.



LA PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION LANGAGIÈRE DANS L'ÉVALUATION D'ÉCRITS EXPLICATIFS D'ÉLÈVES EN CLASSE DE SIXIÈME

Badin, Flora⁽¹⁾, Schneeberger, Patricia⁽²⁾, Rebière, Maryse⁽²⁾,
Jaubert, Martine⁽²⁾, Lhoste Yann⁽²⁾, Orange Ravachol Denise⁽³⁾

(1) Laboratoire Ligérien de Linguistique (LLL, UMR 7270), Université d'Orléans - France

(2) Laboratoire d'épistémologie et de didactiques des disciplines de Bordeaux (Lab-E3D, EA
7441), Université de Bordeaux - France

(3) Laboratoire Théodile-CIREL, Université Charles-de Gaulle - Lille 3- France

Résumé : En France, de nombreuses recherches centrées sur les relations entre langage et apprentissages en science se sont développées depuis les années 1980. Au sein du laboratoire de recherche Lab-E3D, à l'Université de Bordeaux, nous cherchons à comprendre comment les activités langagières participent à la construction des savoirs scientifiques et des pratiques associées, en travaillant avec des chercheurs en didactique du français. Dans cet article, nous présentons les premiers résultats d'une recherche interdisciplinaire (SVT-français) qui porte sur l'écriture en classe de sciences. Cette recherche représente une partie d'un projet ANR (2016-2020) intitulé ECRICOL, coordonné par Maurice Niwese et associant plusieurs universités. Plus précisément, nous nous intéressons à la question de l'évaluation des textes produits par les élèves dans le cadre de l'enseignement des SVT. Différentes versions d'un texte explicatif rédigées par des élèves de 6e (élèves âgés de 11 ans), sont recueillies et analysées à l'aide d'une grille permettant d'évaluer ces productions en articulant deux points de vue : le point de vue langagier et le point de vue de l'appropriation de savoirs scientifiques.

Mots clés : apprentissage scientifique, texte explicatif, évaluation, littératie scientifique, positionnement énonciatif

CONSIDERATION OF THE LANGUAGE DIMENSION IN THE EVALUATION OF EXPLANATORY TEXTS OF 12-YEAR-OLDS IN BIOLOGY CLASSES

Abstract :For several decades, researchers have been interested in the connection between literacy and science learning. In France, a lot of researches in didactics of science focusing on the relationships between language and science learning have developed since the 1980s. Some of them rely on collaboration with researchers in didactics of French (Lab-E3D, University of Bordeaux). Our paper aims to present the first results of a research in progress (ECRICOL, 2016-2020) that focuses on the skills and difficulties of students in writing when entering to secondary school (11-12 years old students), in two school subjects (French and Biology), to design devices and educational tools adapted to their real needs. More precisely, we are interested in the question of the evaluation of texts written by students in science class. Different versions of an explanatory text have been collected and analyzed using a grid constructed a priori to evaluate them, by crossing two points of view: the linguistic point of view and the point of view of the science education.

Keywords : science learning, explanatory text, evaluation, literacy, enunciative position.

INTRODUCTION

En France, les premières recherches abordant la question de la littératie en sciences se sont développées à partir des années 80, avec des travaux conduits en interdisciplinarité sciences / français (Repères, 1980 ; Recherches pédagogiques, 1983). Dans les années 2000, cette problématique a fait l'objet de plusieurs recherches, portant notamment sur l'écriture en sciences (comme Scienscrit), qui ont donné lieu à la publication de dossiers dans des revues de didactique des sciences (Aster n° 6, 1988) et des ouvrages collectifs (Douaire, 2004 ; Buty & Plantin, 2008 ; Schneeberger & Vérin, 2009).

Au niveau international, le courant des Literacy Research for Science Education s'est développé dans le monde anglosaxon au début des années 2000 et s'est diffusé à partir de communications dans des colloques. Des ouvrages spécialisés recensent les principaux travaux des chercheurs intéressés par cette question, le dernier en date étant le Hanbook publié en 2018 chez Springer (Tang & Danielson, 2018).

C'est dans cette perspective que nous participons à une recherche ANR (ECRICOL, 2016-2020) qui a pour objectif d'identifier les compétences en écriture des élèves, ainsi que leurs difficultés, à l'entrée en sixième, dans deux disciplines scolaires (le français et les SVT) en vue de concevoir des dispositifs et des outils pédagogiques adaptés à leurs besoins. Cette recherche est ancrée dans l'université de Bordeaux et plus particulièrement, dans les travaux du Lab-E3D auxquels sont rattachés quatre des auteurs de cette contribution. Coordonnée par Maurice Niwese, elle est conduite en association avec des chercheurs d'autres universités (de Genève et de Lille, pour les SVT). Plusieurs communications ont déjà été réalisées à partir de cette recherche : colloque de SIEST (Perron, Schneeberger & Orange Ravachol, 2019) et ESERA 2019 (Lhoste, Perron, Schneeberger & Orange Ravachol, 2019).

Nous présentons ici les premiers résultats de cette recherche en nous intéressant à la prise en compte de la dimension langagière dans l'évaluation des textes produits par les élèves, dans le contexte de séquences de SVT. Nous préciserons le cadre théorique de nos travaux ainsi que la méthodologie de recherche. Nous donnerons quelques exemples des premières analyses conduites dans le cadre de cette recherche.

CADRE THÉORIQUE

Deux points de vue sont articulés pour évaluer les productions des élèves.

- un point de vue épistémologique et didactique.

L'ancrage que nous affirmons dans l'épistémologie des sciences se traduit, entre autres, par l'importance que nous accordons aux pratiques associées à la construction des savoirs scientifiques. Cette position nous conduit à considérer la recherche d'explications scientifiques comme constitutive de l'activité scientifique et de l'opposer à la simple description qui ne suffit pas à produire de la connaissance (Meyerson, 1927).

Dans la recherche ECRICOL, nous nous intéressons à la façon dont les élèves vont expliquer la disparition des feuilles (qui tombent des arbres chaque année) et le devenir de la matière organique. La délimitation de l'objet de savoir en jeu repose sur une analyse didactique au préalable, pointant les obstacles épistémologiques susceptibles d'être travaillés en début de sixième

(Lhoste, Peterfalvi & Decussy, 2010). Pour les élèves, il s'agit de s'engager dans la construction d'une explication scientifique, en relation avec le problème scientifique soumis à l'étude et de produire un texte explicatif.

Nous modélisons cette activité en termes de problématisation de la décomposition des feuilles, entendue comme position du problème, construction du problème dans le sens d'une mise en tension entre un registre empirique et un registre du modèle, dans le cadre d'un registre explicatif défini (Orange Ravachol, 2018) et résolution du problème qui garde la trace d'une investigation scientifique et qui se concrétise dans la construction d'un énoncé de savoir (Schneeberger & Rebière, 2013).

- un point de vue langagier

Dans la conception du langage que nous partageons (instrument sémiotique, créateur d'objets et de sujet, de mondes, contextuel, dialogique), nous nous intéressons plus particulièrement aux indices langagiers qui permettent d'évaluer l'inscription des textes explicatifs produits par les élèves dans un espace discursif scientifique, ainsi que la pertinence de leur position énonciative au regard des savoirs et des pratiques de savoir (Jaubert, Rebière & Bernié, 2012).

Les discours d'apprentissages scolaires sont marqués par l'hétérogénéité entre des énoncés qui diffèrent par les concepts mobilisés (spontanés/scientifiques), par les mondes convoqués, les sphères d'activité (quotidienne/disciplinaire) et les genres de discours mobilisés (Bakhtine, 1984). De ce fait, il est possible que le texte définitif garde la trace de cette juxtaposition d'énoncés d'origines multiples, productrice d'hétéroglossie (Volochinov, 1977).

Pour saisir quelque chose du positionnement énonciatif des élèves, nous nous intéressons aux opérations cognitives et langagières (Bronckart, 1996) mises en œuvre pour la construction de l'objet de discours (à distinguer de l'objet du monde réel, tangible et dont il propose une reconstruction sélective liée aux questions et au point de vue adoptés par l'énonciateur) et plus particulièrement, aux phénomènes linguistiques. En classe de sciences, les échanges didactiques ont pour objet de discours le savoir visé. On parle alors de l'objet de savoir. Nous empruntons à Grize (1996, p. 85-95) les opérations d'ancrage dans un monde, qui peut être merveilleux, scientifique, politique... de sélection de traits pertinents pour décrire l'objet et de dénivellation (changement de point de vue et donc, de mise en mots sur le monde, sur ce dont il est question...) qui permettent sa « schématisation ». Nous empruntons aussi à Volochinov (1977) les notions d'hétéroglossie (juxtaposition d'énoncés qui témoignent de points de vue différents, hétéroclites) et d'orchestration de l'hétéroglossie (c'est-à-dire du travail du langage pour tenter de construire une cohérence). Chacune de ces entrées constitue une catégorie d'analyse pour caractériser le positionnement énonciatif des textes produits par les élèves et leur inscription dans le monde scientifique.

L'articulation de ces deux points de vue nous permet de rendre compte du processus d'acculturation scientifique des élèves que met en jeu la production d'écrits explicatifs individuels en classe (Schneeberger, Orange, Orange Ravachol & Lhoste, 2020).

MÉTHODOLOGIE

Un dispositif d'enseignement a été élaboré en concertation avec les différents chercheurs impliqués dans ce projet. Ce dispositif a été expérimenté auprès de quelques 744 élèves issus de 29 classes appartenant à 20 collèges de milieux socioéconomiques contrastés (milieu urbain, semi-urbain, milieu rural), dont des collèges de réseaux d'éducation prioritaire (REP et REP+) dans les académies de Bordeaux, d'Orléans, de Créteil et de Lille.

Pour chaque classe et chaque discipline, les productions manuscrites des élèves ont été recueillies au démarrage et à la fin de la séquence pour être analysées (après transcription au format texte), selon différents critères définis par les chercheurs.

En sciences, le dispositif portait sur la décomposition des feuilles, thématique travaillée sous forme d'une enquête scientifique, guidée par l'enseignant, étalée sur sept séances, selon un protocole commun (annexe), alliant recherche d'explications, investigations pratiques, débats et production d'écrits. Le travail d'analyse conduit en binôme par les chercheurs, a porté sur la version initiale (VE) et la version définitive (VD) du texte explicatif produit par les élèves. La grille d'analyse mise en œuvre comporte une partie commune aux deux disciplines, composée de trois entrées (1. linguistique, 2. textuelle, 3. matérielle et graphique) et deux entrées spécifiques (4. niveau générique - conte merveilleux vs explication scientifique - et 5. posture - littéraire vs scientifique).

Nous présentons ici les entrées 4 et 5 pour les sciences (tableau 2). La construction de cette partie de la grille par les auteurs a été progressive, c'est-à-dire que les items ont été inférés à partir du cadre théorique présenté, puis mis à l'épreuve de tentatives de codage sur certaines productions et réajustés lors de réunions du groupe de recherche. C'est la version stabilisée que nous présentons ici.

Les deux entrées articulent des dimensions épistémologique et langagière. L'entrée 4 se focalise sur la dimension explicative du texte (structure du texte explicatif, références au registre empirique, pertinence des apports informatifs, mise en lien logique des informations, genres présents...) là où l'entrée 5 s'intéresse à ce que nous appelons la construction d'une posture scientifique et qui voudrait signaler l'entrée dans des manières scientifiques d'agir-parler-penser en rupture avec le monde quotidien (ancrage dans le monde scientifique, construction d'un objet de discours scientifique, mise à distance du monde quotidien, mise en réseau avec d'autres pratiques, marques typographiques). L'entrée 4 permet de se focaliser sur la construction langagière du savoir scientifique en jeu dans la situation proposée, là où l'entrée 5 se focalise plutôt sur les pratiques langagières des savoirs en jeu.

L'annotation a été réalisée sur la plateforme d'annotation INCEption (Klie et al., 2018). Toute nouvelle plateforme d'annotation de textes dont les développements sont soutenus par l'infrastructure CLARIN ; elle se présente de la manière suivante :

ECRICOL_SVT/1069T117-S-VD-relueCS.txt Showing 1-

Annotation

A3 | D2 | H2 | M0 | O2 | S2
M50
TY0
I2 | G2 | CS1 | C2 | E2 | Q1 | RE2 | T2

- 1 Quel est le devenir des feuilles mortes ?
- 2 Les feuilles mortes sont décomposées (mangées) par les collemboles, les oribates, les trombidions, les vers de terre, les bactéries et les champignons qui sont formés par des micros-filaments.
- 3 Toutes ces petites bêtes vont manger ces feuilles mortes, qu'il vont transformer en micro-morceaux de feuille extrêmement riches en minéraux.
- 4 Les petites bêtes habitant le sol vont donc décomposé ces feuilles et les transformer, par ler excréments, en minéraux qui vont enrichirent le sol en minéraux.

Cette plateforme permet de garder un lien entre le texte de l'élève et les annotations (De Castilho et al., 2018), d'effectuer des recherches sur corpus (Boullosa et al., 2018) et d'avoir un suivi de l'avancement de l'annotation.

Cette méthodologie d'annotation (De Castilho et al., 2019), permet de combiner les textes ainsi que la grille d'annotation décidée. Les analyses ont été récupérées au format CAS UIMA XMI, issu de la plateforme et converties au format tableur afin d'effectuer les statistiques associées.

Avant de préciser les premiers résultats obtenus et après avoir donné un exemple d'analyse des productions VE/VD d'un élève pour lequel les évolutions nous semblent significatives, à la fois du point de vue de la construction du savoir en jeu et de la construction d'une posture scientifique, nous présenterons les tendances qui ressortent des analyses sans pouvoir encore déjà dégager les résultats de la recherche en cours.

PREMIERS RÉSULTATS

Pour donner à voir notre manière d'opérationnaliser la grille d'analyse des productions écrites initiales (VE) et définitives (VD) des élèves, nous avons choisi de porter notre attention sur les productions de l'élève 18CF (tableau 1). Cet élève est dans un collège RF (rural, milieu favorisé) de la région bordelaise. Nous retenons ce cas pour le caractère développé de ses réponses (de sa VE notamment, au contraire de celle de la plupart des élèves) et en apparence contrasté (sur le fond et la forme) de ses textes explicatifs.

texte initial (VE)	texte terminal (VD)
<p>Quand les feuilles mortes tombent des arbres quelqu'un ou une perssone les ramassent ensuite la perssone ira mettre toutes les feuilles mortes en un gros tas de feuilles mortes. Puis la perssone les brulera. Quand les feuilles seront brûlées cela feras un tas de cendre. Ensuite le tas de cendre ira à la poubelle ou le vent l'emportera</p>	<p>Quel est le devenir des feuilles mortes ? Les feuilles mortes vont être décomposé par des animaux : - Collemboles - Oribates - Trombidions - vers de terre - bactéries et champignons Le filament va Les microfilaments vont décomposé des parties de feuilles mortes. Puis les bactéries et les champignons vont se nourire des matières organique qui reste des feuilles est les transformer en CO2 et minéraux. Conclusion : Les feuilles mon mortes vont être décomposé pas des animaux ensuite les microfilament vont être décomposé les feuilles mortes. Et le Le reste va servire de nourriiture aux bacteries et champignons.</p>

Tableau 1. : Le texte initial et le texte terminal de l'élève 18CF (l'orthographe des élèves a été conservée).

Version	4.1. Niveau générique					4.2. Autre genre	4.3. Cadre spatio-temporel	4.4. Titre
	4.1.1 Question 0-Absente 1-Présente	4.1.2 Apports scientifiques 0-Absence 1-Petites bêtes ou insectes 2-Pls êtres vivants	4.1.3 Mise en lien logique des infos 0-Absence 1-Ebauche 2-Explication	4.1.4 Registre Empirique 0-Non 1-Limité à éléments physiques 2- Organismes vivants	4.1.5 Conclusion 0-Absente ou décalée 1-Marque de fin d'un processus 2-Avec marque linguistique	0-Présence d'une "histoire" 1-Hybride ("histoire-processus") 2-Processus uniquement	0-Absent ou non pertinent 1-Incompét ou approximatif 2-Complet et pertinent	0-Absent ou non pertinent 1-Présent et peu pertinent 2-Présent et pertinent
VE	0	0	2	1	0	1	0	0
VD	1	2	2	2	2	2	1	2

5.1. Posture scientifique					5.2 Modalisation	5.3. Mise en réseau avec d'autres savoirs de l'expérience	5.4. Effets typo. (soulignements paragraphes,
5.1.1 Ancrage dans le monde scientifique 0-Non pertinent 1-Mécanique sans être vivants 2-Mécanique avec être vivants 3-Mécanique	5.1.2 Schématisation 0-Absente 1-Reprises modifications sans exemple 2-Reprise modification avec exemples	5.1.3 Dénivellation scientifique 0-Absence ou juxtaposition 1-Présence 2-Plusieurs	5.1.4 Hétéroglossie 0-Monde quotidien 1-Hétéroglossie 2-Monde scientifique	5.1.5 Orchestration 0-Absence 1-Gestion visible 2-Mise à distance explicite d'une des voix	0-Absence 1-Présence	0-Absence 1-Présence	0-Absence 1-Présence
1	1	0	0	0	0	0	0
3	2	2	2	0	0	0	1

Tableau 2. : Grille d'analyse pour la version VE et VD des textes présentés ci-dessus.

Pour cet élève, le total obtenu passe de 5 pour la VE à 26 pour la VD. La grille d'analyse permet de mettre à jour des écarts importants, tant sur le plan de la structure explicative du texte produit (VE : 4 -> VD 14) que par rapport à la construction d'une posture scientifique (VE : 2 -> VD : 10). Le score de cet élève (note sur 10) est de 2,4 pour la VE et 8,6 pour la VD.

Dans la classe de cet élève (18 élèves), la moyenne (sur 10) obtenue est de 2,9 pour la VE et 7,5 pour la VD. Les notes les plus faibles sont 0,10 pour la VE et 5,9 pour la VD. Les notes les plus élevées sont 4,5 pour la VE et 9 pour la VD.

À ce jour, les résultats obtenus concernent 4 classes pour lesquelles les moyennes respectives pour la VD sont 7,5 pour deux des classes et 5 et 3,6 pour les autres classes. Pour la VE, les moyennes obtenues pour les mêmes classes sont de 2,2 pour deux des classes et 2,3 et 2,9

pour les autres classes. Pour l'ensemble de ces classes, les moyennes obtenues sont de 2,4 pour la VE et de 5,9 pour la VD.

Les premières tendances ainsi constatées, suite au codage de ces quatre classes de sixième, nous permettent de repérer des différences entre les classes, aussi bien pour la moyenne des VE que celle des VD, toujours plus élevée. Les écarts entre les deux versions vont de 1, 4 (pour la classe qui obtient les scores les plus faibles) à 5,3 (pour la classe qui obtient les meilleurs scores). Ces résultats montrent que la classe dont les moyennes sont les plus faibles présente également une évolution plus faible quant à la qualité scientifique des textes explicatifs, traduisant des progrès moindres. Et inversement, la classe ayant obtenu les scores les plus élevés progresse davantage. Ces premiers résultats restent à confirmer avec l'analyse des productions d'autres classes. Toutefois, si nos mesures relèvent des écarts entre l'état des textes explicatifs produits par les élèves en début et en fin de séquence, il est difficile, uniquement sur la base de ces résultats, de savoir à quoi on peut attribuer ces évolutions en termes d'apprentissages.

Nous avons poursuivi nos analyses en essayant de montrer dans quelle mesure les progrès sont plus perceptibles pour la partie 4 de la grille (structure du texte explicatif) ou pour la partie 5 (construction d'une posture scientifique). Nous constatons que, pour les quatre classes analysées, les progrès sont globalement plus importants pour la rubrique 5 de la grille (construction d'une posture scientifique) que pour la rubrique 4 (structure du texte explicatif). Ces résultats sont équivalents d'une classe à l'autre.

En tout cas, même si très peu d'élèves envisagent, à la fin de la séquence, la disparition des feuilles mortes en termes de transformations biochimiques de la matière organique par des êtres vivants, le travail réalisé conduirait tout de même à leur inscription dans un monde scientifique, caractérisé par des manières d'agir-parler-penser en rupture avec des pratiques quotidiennes.

PREMIERS ÉLÉMENTS DE DISCUSSION

En dehors des premiers résultats que nous serons en mesure de présenter lors des rencontres à Bruxelles, il nous semble important de revenir dans la discussion sur certains items de la grille d'analyse.

Lors de la présentation, nous prévoyons d'avancer quelques réponses à nos « hypothèses » concernant les causes possibles de l'évolution de la qualité des productions, en nous référant à d'autres travaux de recherche (en lien avec les écrits intermédiaires, la fonction des débats scientifiques en classe...).

Concernant la dimension explicative du texte, on peut s'interroger sur les informations apportées par les réponses à plusieurs items. Par exemple, la formulation de la question (4.1.1) qui amorce le texte (quand c'est le cas) est le plus souvent proche de celle que le professeur a proposé d'étudier (quel est le devenir des feuilles mortes ?). L'absence de question dans la version initiale (pour l'ensemble des textes) montre que les prescriptions du professeur ont certainement influencé la rédaction de la VD, du point de vue de la structure du texte. De même, la présence dans un texte d'apports informatifs de nature scientifique (4.1.2) est souvent en lien avec les informations données par le professeur. Ces informations sont généralement reprises dans la VD, souvent avec des reformulations dénivelantes descendantes, rapprochant du

monde quotidien (« petites bêtes » pour « animaux du sol » ou « bactéries »). Ces deux items permettent ainsi, en comparant VE et VD, de se rendre compte des apprentissages réalisés, tant pour la structure du texte que pour l'appropriation des savoirs en jeu. Il en est de même d'autres items (4.1.3, 4.1.4, 4.1.5).

Certains items ont donné lieu à discussion dans notre groupe. Ainsi, la question du genre de texte (récit, chronique, description ou explication) et de la co-existence dans un même texte de deux genres différents, a permis de redéfinir les caractéristiques d'un texte explicatif.

En ce qui concerne l'acquisition d'une posture scientifique, nous avons relevé là aussi des différences entre VE et VD. L'évaluation des productions en termes de schématisation, de dénivellation, d'hétéroglossie, d'orchestration nous a obligés à rechercher, dans les textes, des indicateurs susceptibles de nous permettre de trancher entre plusieurs interprétations en répondant à la question du repérage de certaines composantes du discours. Nous donnerons quelques exemples au cours de la présentation. Nos discussions autour du codage des textes nous ont ainsi permis de redéfinir chaque catégorie pour rendre notre évaluation plus objective. Nous avons également repéré dans la VD des traces langagières du travail d'investigation dans lequel les élèves ont été mobilisés. La comparaison des productions permettrait de rechercher dans quelle mesure ces traces ont quelque chose à voir avec la construction du savoir et d'une explication scientifique.

CONCLUSION

Une première grille qui prenait peu en charge les dimensions énonciatives du langage et qui était donc plus focalisée sur des dimensions formelles et épistémologiques, nous avait conduits à dire que les transformations sur le plan conceptuel étaient limitées (Perron, Schneeberger & Orange Ravachol, 2019). Il semble que cette nouvelle version de la grille mette davantage en évidence la conquête d'un positionnement pertinent au regard des savoirs et des pratiques de savoirs scientifiques.

Les différences entre VE et VD semblent significatives des apprentissages réalisés, tant sur le plan conceptuel que sur celui des pratiques de savoirs. La question du rôle et de la conception de la réécriture dans ces apprentissages peut être soulevée.

Enfin, la comparaison entre VE et VD ne rend pas compte du travail fait en classe entre les deux. Il semblerait que les VD ne soient pas très différentes entre la plupart des classes, ce qui tendrait à dire que les pratiques des enseignants pourraient-être relativement équivalentes dans le cadre expérimental proposé, sans grande prise en compte des spécificités des collèges dans lesquels nous avons enquêté (favorisé, défavorisé).

BIBLIOGRAPHIE

- Aster (1988). *Aster (6)*.
Bakhtine, M. (1984). *Esthétique de la création verba*. Paris : Gallimard.
Bernie, J.-P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de « communauté discursive » : un apport à la didactique comparée ? *Revue Française de Pédagogie*, 141, 77-88.

- Boullosa, B., De Castilho, R. E., Laskari, N. K., Klie, J. C. & Gurevych, I. (2018). Integrating Knowledge-Supported Search into the INCEpTION Annotation Platform. In *Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: System Demonstrations* (pp. 127-132).
- Bronckart, J.-P. (1996). *Le fonctionnement des discours*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Buty, C. & Plantin, C. (Eds.) (2009). *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage*. Lyon : INRP.
- De Castilho, R. E., Klie, J. C., Kumar, N., Boullosa, B. & Gurevych, I. (2018). Linking Text and Knowledge using the INCEpTION annotation platform. In *2018 IEEE 14th International Conference on e-Science (e-Science)* (pp. 327-328). IEEE.
- De Castilho, R. E., Ide, N., Kim, J. D., Klie, J. C. & Suderman, K. (2019). Towards cross-platform interoperability for machine-assisted text annotation. *Genomics & informatics*, 17(2).
- Douaire, J. (Ed.) (2004). *Argumentation et disciplines scolaires*. Paris : INRP.
- Grize, J.B. (1996). *Logique naturelle communications*. Paris : Presses universitaires de France.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction des connaissances à l'école*. Bordeaux : Presses universitaires de Bordeaux.
- Jaubert, M., Rebiere, M. & Bernie; J.-P.(2012). *Communauté discursives disciplinaires scolaires et constructions de savoirs : l'hypothèse énonciative*. Texte disponible sur http://www.leseforum.ch/myUploadData/files/2012_3_Jaubert_Rebiere_Bernie.pdf
- Jaubert, M. & Rebiere, M. (2002). Pratiques de reformulations et construction de savoirs. *Aster*, 33, 81-110.
- Lhoste, Y., Perron, S., Schneeberger, P. & Orange Ravachol, D. (2019). *Scriptural Competence and Construction of Conceptual Knowledge in Biology. An example in Secondary School*. 13th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Italy, Bologne, 26-30 août 2019.
- Lhoste, Y., Peterflalvi, B. & Decussy, C. (2010). Expérience de la problématisation et obstacles chez des élèves de sixième. Recyclage de la matière organique dans le sol. In M. Fabre, A. Dias de Carvalho & Y. Lhoste (Eds.). *Expérience et problématisation en éducation. Aspects philosophiques, sociologiques et didactiques* (pp. 157-180). Porto : Ed. Afrontamento.
- Meyerson, E. (1927, 1995). *L'explication dans les sciences*. Paris : Fayard.
- Orange Ravachol, D. (2018). L'enseignement scientifique, entre émancipation et asservissement ? *Recherches en Education*, 34, novembre 2018, 49-61. Disponible sur : <http://www.recherches-en-education.net/spip.php?article381>
- Perron, S., Schneeberger, P. & Orange Ravachol, D. (2019). *La compétence scripturale, un indicateur de la construction des savoirs conceptuels en SVT ?* communication au colloque SIEST
- Recherches Pédagogiques. (1983). *Recherches Pédagogiques*, (117).
- Repères. (1980). *Repères*, (58).
- Schneeberger, P., Orange, C., Orange Ravachol, D. & Lhoste, Y. (2020, à paraître). *Précis de didactique des SVT pour enseigner au collège et au lycée*. Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.
- Schneeberger, P. & Verin, A. (Eds.) (2009). *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : INRP.
- Schneeberger, P. & Rebiere, M. (2013). Modification des pratiques et développe-

- ment professionnel. Le rôle de la mise en texte des savoirs en sciences au lycée. *Éducation & formation, (e-298-02)*, 57-72.
- Tang, K.-S. & Danielson, K. (2018). *Global Developments in Literacy Research for Science Education*. Cham : Springer.
- Volochinov, I. (1977). *Marxisme et philosophie du langage. Essai d'application de la méthode sociologique en linguistique*. Paris : Éditions de Minuit.
- Vygotski, L. S. (1997). *Pensée et langage*. Paris : La dispute.

ANNEXE

Extrait de

PERRON, S., SCHNEEBERGER, P., ORANGE RAVACHOL, D. (2019), La compétence scripturale, un indicateur de la construction des savoirs conceptuels en SVT ? colloque SIEST

La situation : que deviennent les feuilles mortes tombées sur le sol ?

La séquence étudiée (tableau 1) porte sur la décomposition de la matière organique en classe de 6ème. Les élèves doivent construire leur savoir à partir de la mise en oeuvre d'une démarche d'investigation scientifique. La séquence favorise la réécriture d'un texte explicatif.

Cette séquence est scindée, de façon prévisionnelle, en 7 séances (6 séances de 55 minutes et une dernière séance de 90 minutes)

La séance 1 permet de recueillir les deux premières versions (V1 et VE) du texte explicatif, rédigées par les élèves de façon individuelle. Pour lancer l'écriture, l'enseignant montre une ou deux photos illustrant des feuilles mortes tombées sur le sol et formule la consigne de façon suivante : « En une année, les feuilles mortes qui tombent des arbres en forêt constituent une couche d'environ 10 cm. Certaines forêts ont 100 ans. On devrait donc marcher sur 10 m de feuilles mortes. Ce n'est pas le cas. Peux-tu expliquer aux élèves de 6e d'un autre collège ce que sont devenues les feuilles mortes ». Seule la version « VE » est étudiée. Lors de la séance 2, les élèves « construisent » le problème scientifique auquel ils vont devoir apporter des réponses et formulent des hypothèses. La séance 3 est décrochée des autres séances, dans le sens où, elle est consacrée au travail des caractéristiques d'un texte explicatif afin d'aboutir à la construction d'un guide de relecture. La mise en oeuvre de l'investigation scientifique ainsi que la formulation d'énoncés de savoir sous forme de bilan, se déroulent durant les séances 4 et 5. La séance 6 est consacrée à une relecture collective des bilans. Enfin, la dernière séance permet une réécriture de la deuxième version du texte explicatif à partir de l'ensemble du travail réalisé pendant la séquence et notamment en utilisant les commentaires émis sur le bilan (VD).

LE FORUM EDP:

UN CORPUS POUR UNE ANALYSE DIDACTIQUE COMPRÉHENSIVE DU CURRICULUM EFFECTIF DE SCIENCES ET TECHNOLOGIE AU CYCLE 3

Maria BUVERTE
Doctorante thème 2
UR UPJV 4697 CAREF

Résumé : À partir d'une approche inspirée par la didactique curriculaire, cette étude analyse les préoccupations des enseignants du primaire en France, issues d'un forum en ligne sur l'enseignement scientifique au cycle 3. Nous analysons le Forum EDP pour constituer plusieurs corpus avec des informations principalement qualitatives mais aussi quantitatives, afin de comprendre les différentes difficultés rencontrées. Le fait de conjuguer des exigences institutionnelles parfois insaisissables avec des pratiques ordinaires face aux élèves, révèle des contraintes multiples pour mettre en œuvre le programme de Sciences et technologies en particulier. Nous remarquons que plusieurs aspects du métier d'enseignant du primaire peuvent faire l'objet d'interprétations diverses, voire opposées. Cette entrée a permis de mettre en relation des aspects institutionnels, éducatifs et didactiques, liés à l'enseignement en sciences mais aussi de faire des liaisons avec d'autres domaines de l'enseignement au premier degré.

Mots-clés: didactique curriculaire, forum d'enseignants, prescriptions officielles, pratiques effectives, école primaire.

THE FORUM EDP: A CORPUS FOR A COMPREHENSIVE DIDACTIC ANALYSIS OF AN EFFECTIVE PRIMARY SCIENCE EDUCATION CURRICULUM

Abstract : This study inspired by the curriculum didactics approach aims to deepen french Primary teachers' concerns regarding Primary Science Education by the means of an in line forum. We analyse the Forum EDP in order to build up various corpus with mainly qualitative information but also quantitative data that may allow us to understand the different difficulties encountered. Primary teachers are constantly challenged to apply fluctuant and unclear study programmes as well as to deal with real students in class and develop their teaching practice. These conditions reveal other major issues to effectively implement the Science programme in particular. We notice that many aspects of the teaching profession can be also interpreted differently, even in opposite ways. Our approach through this corpus has shown us that it not only opens possibilities to relate institutional, didactic and educative aspects linked to problems of Primary Science teaching but also to other teaching subjects.

Keywords: curriculum didactics, teacher forum, study programmes, effective teaching practices, Primary School

INTRODUCTION

Cette proposition de communication présente un travail de recherche doctorale¹ en cours, concernant l'éducation scientifique à l'école primaire en recoupant plusieurs points de vue : ceux des professeurs d'école, des programmes et des chercheurs. Nous centrons cette présentation sur des forums de discussion professionnelle au milieu éducatif (Henri, Peraya, Charlier, 2007) et, plus particulièrement, sur la communauté virtuelle Forum EDP (<http://forums-enseignants-du-primaire.com>). Nous partons des résultats de recherches précédentes produits par diverses équipes sur ce type de dispositifs : d'abord très larges avec un but de formation d'enseignants (ERTÉ CALICO)² et puis, spécifiquement circonscrites à la caractérisation des difficultés rencontrées par les enseignants dans l'exercice du métier (COPTT)³. Nous constatons un terrain assez riche d'informations sur la perception du travail prescrit et à réaliser, selon les paroles des enseignants et notamment, comme un moyen d'accès aux pratiques de terrain dans le domaine des sciences et technologie au cycle 3. Nous accédons également à des moments emblématiques ou non des sciences scolaires (Bisault, 2011) avec une pluralité de termes (savoirs, démarches, valeurs) pour baliser notre recherche dans le champ de la didactique de Sciences et Technologie. Ainsi, nous poursuivons, depuis 2016, une approche d'analyse compréhensive des échanges sur le forum EDP pour mieux caractériser les préoccupations et les problèmes des professeurs du primaire dans leurs pratiques. Nous adhérons d'ailleurs, comme le souligne Martinand (1995, p.17) à les considérer comme des spécialistes de l'éducation à l'école et non des spécialistes des disciplines. C'est pourquoi nous interrogeons également d'autres aspects de la profession enseignante et pas seulement celui de la didactique disciplinaire. Nos méthodes à dominance qualitative prennent en compte des questions transversales (institution/enseignant(s)/élève(s)) (Goigoux, 2007, p.59), comparatistes (multiples dimensions) et disciplinaires (notamment avec l'histoire-géographie) pour mieux appréhender les activités des enseignants et l'interface entre prescription et réalité.

Pour développer ces propos, nous allons d'abord décrire et justifier le cadre théorique dans lequel nous plaçons notre problématique et nos questions de recherche. Ensuite, nous allons présenter le choix et la constitution des corpus de données, ainsi que décrire succinctement les méthodologies d'analyses utilisées pour finalement, avancer et discuter les résultats obtenus.

LE CHOIX D'UNE APPROCHE CURRICULAIRE

Cette étude s'inscrit dans le courant récent de la didactique curriculaire (Martinand, 2001; Lebeaume, 2008 ; Bisault, 2011). La dimension curriculaire dans l'enseignement met en avant un ensemble d'activités et d'actions formelles et informelles qui dépasse largement la notion de programme, ainsi que le découpage disciplinaire tel qu'il est traditionnellement pensé dans le système éducatif français. En dehors de la France et, en particulier, dans le monde anglo-saxon (Ross, 2000), le terme curriculum est très utilisé en éducation, pas seulement pour désigner un parcours individuel, mais aussi pour évoquer un ensemble intégré d'activités poursuivant

1 Le but de la thèse a été en principe l'analyse de la place et la nature du questionnement dans les pratiques effectives des enseignants en comparaison avec les préconisations institutionnelles et les travaux de recherche en didactique des sciences

2 <http://stef.ens-paris-saclay.fr/version-francaise/recherche/projets/calico-2006-2009-bilan-239142.kjsp>

3 https://icademie-labs.sciencesconf.org/conference/icademie-labs/pages/Les_forums_d_enseignants_du_primaire_Le_Bourgeois_Bisault_.pdf

des finalités éducatives. Pour De Landsheere (1992), c'est l'ensemble des actions planifiées à la lumière des principes éducatifs de base et des généralisations validées par l'expérience pratique. Ross (2000) définit trois logiques du curriculum (content-driven, objective-driven et process-driven) pour prendre en compte plusieurs dimensions. Pour Lebeaume (2011, p.7), ces trois logiques correspondent à trois axes (connaissances, compétences et expériences), dont les dynamiques sont nombreuses en termes des temporalités. Pour reprendre les termes de la sociologie du curriculum (Forquin, 2008), on parle de synchronique (ou horizontal), pour désigner les différents enseignements proposés à un moment donné et de diachronique (ou vertical), pour rendre compte du caractère successif, cumulatif et progressif des apprentissages dans le temps.

Ce détour théorique confirme la nécessité de prendre en compte non seulement, les savoirs en jeu (ce qui renvoie à la transposition didactique), mais aussi les actions, objets et instruments, problèmes et tâches, et encore contextes et rôles sociaux du travail réel - ce que préconise Martinand avec le terme pratique sociale de référence. Par contre, la prise en compte des registres de technicité (Martinand, 1994, p. 69) des praticiens ne fera pas partie de nos interrogations. Nous cherchons plutôt à comprendre comment les enseignants reçoivent et mettent en œuvre un programme d'étude fluctuant à différents échelles (le curriculum prescrit) ; quel(s) type(s) de pilotage sont effectivement partagés et ou discutés (le curriculum réel) ; et/ou par défaut, quelles pratiques restent en dehors ou apparaissent peu dans les discussions.

Avec l'analyse des forums, nous partons donc des préoccupations des praticiens privilégiant une démarche bottom/up avec la mise en relation des aspects institutionnels, éducatifs et didactiques, liés aux problèmes professionnels. Nous restons forcément dans une approche macroscopique selon les termes de Forquin (2008, p. 10), puisque nous n'avons accès qu'aux discussions de la communauté EDP. Étant véhiculées par des programmes prescrits, des manuels et d'autres documents et matériels pédagogiques, les pratiques relatées feront l'objet d'analyses successives et qualitatives. Nous considérerons l'approche curriculaire dans nos questions de recherche et nos analyses, car nous ne nous limitons pas à la logique de « transmission de savoirs », centrée sur les concepts disciplinaires à enseigner-apprendre. Nous questionnons en revanche comment les enseignants prennent en compte les différentes dimensions de l'enseignement : les temporalités à diverses échelles (progressions d'enseignement, programmations annuelles, succession des moments), le contexte institutionnel (local et autres) et les contenus ou objets enseignables. Pour nous, la logique curriculaire centrée sur les parcours d'activités éducatives permet de prendre en compte une conception plus large de ce qui est visé pour les élèves. Elle permet aussi de prendre en compte les éventuelles connexions entre les domaines d'enseignement-apprentissage qui sont pris en charge généralement par le même enseignant à l'école primaire (Fadel, 2019).

Enfin, dans les derniers textes officiels de 2015, des connexions explicites sont à noter pour rendre compte également de la pertinence de notre approche, en particulier le développement durable qui se trouve imbriqué dans trois thèmes différents, alors que dans les textes de 2008, il faisait partie d'un module indépendant.

UN ACCÈS ORIGINAL AUX PRATIQUES EFFECTIVES

Etant donné que nous centrons nos analyses sur le curriculum effectif, nous voulons également élucider d'autres dimensions moins explicites de celui-ci. Alors que l'observation classique de classe modifie généralement les pratiques (volontairement ou non), une observation indirecte

n'a pas cet inconvénient, même si elle ne donne accès qu'à une partie des pratiques effectives. Nous sommes partis de l'hypothèse qu'une communauté d'enseignants en ligne, l'EDP, est une modalité novatrice pour regarder plusieurs aspects du curriculum effectif, tels que les pratiques de classe, la didactique disciplinaire en sciences en particulier (mais aussi dans d'autres disciplines comme l'Histoire et la Géographie) et de soulever des contraintes du métier. Cette entrée a l'avantage d'offrir une observation de pratiques diversifiées sans perturbation. Pourtant, l'inconvénient est qu'on accède à ce que les enseignants choisissent d'évoquer, à priori, ce qui leur pose problème ou, au contraire, ce qu'ils ont envie de partager mais pas forcément certains aspects plus routiniers de leurs pratiques. Nous cherchons à répondre à quel point les enseignants concilient les exigences épistémologiques et institutionnelles avec les aspects humains, dynamiques et systémiques qu'ils rencontrent au quotidien dans l'exercice de leur métier.

DES CONSIDÉRATIONS MÉTHODOLOGIQUES

Le Forum EDP regroupe des personnes dispersées géographiquement et partageant une pratique et des préoccupations sur la professionnalité enseignante du premier degré en France (Prost, Cahour & Detienne, 2016). Comme « outil » asynchrone, sa consultation relève d'un choix délibéré fait par ses abonnés au cours d'échanges libres et d'une organisation d'abord informelle qui peut évoluer vers une organisation plus formelle, dans la mesure où des connaissances voire des compétences peuvent être développées. En tant que chercheurs externes au forum (dont nous gardons ce statut « marginal » tout au long de cette recherche), nous n'avons accès qu'aux messages publics postés. Les abonnés partagent des messages privés que nous ne considérons pas. Nous avons alors constitué trois corpus à partir de trois temps de recherche qui sont décrits dans le Tableau 1 ci-dessous.

Périodes de recueil	Temps de recherche	Méthodologie d'analyse	Corpus obtenus
Entre janvier et juin 2016	Première approche pour standardiser une méthodologie d'analyse des forums, à finalité transversale, comparatiste, didactique et disciplinaire	Analyse qualitative et semi-quantitative de types de demandes en Sciences et Technologie (Sc - Tech) et en Histoire Géographie (H-G) Répertoire exhaustif des posts déclenchant ou non des discussions BO 2008/2012 (9 modules en Sc -Tech) et BO 2015 (4 thèmes en Sc -Tech)	- Fichier Excel : 100 posts issus du volet Sc - Tech déployés par colonnes d'informations - idem pour l'H-G - Fichier Word : catégories des demandes communes aux deux disciplines

Entre mai 2016 et avril 2017 N°2 Résultats présentés à Lille en mai 2017 (Colloque international Reuter 2017)	Deuxième approche pour analyser les évolutions au moment du changement du programme 2015	Analyse qualitative et semi-quantitative et mise en évidence de l'évolution des préoccupations en sciences à l'heure du changement du programme de 2008-2012 au 2015 - BOEN 2015	- Fichier Excel : 59 posts issus du volet Sc-Tech et déployés par colonnes d'informations - PPP contenant des tableaux avec les tendances des évolutions
Depuis 2016 N°3 Analyses en cours	Troisième approche plus détaillée pour catégoriser les difficultés et confronter d'autres méthodes d'analyse	Choix des fils de discussion où les préoccupations concernent soit les nouveaux programmes (2015) soit l'imbrication de l'EDD Analyses qualitatives et semi-quantitatives.	- Fichiers avec l'intégralité de chaque discussion repérée - Tableaux par catégories des difficultés / incompréhensions

Tableau 1. : Constitution des corpus d'analyses des posts et de fils de discussion issus du Forum EDP Volet « Sciences et technologies »

Par temps de recherche, nous voulons distinguer trois moments décisifs pour l'évolution de nos questionnements sur l'enseignement des sciences en croisant différents points de vues cités plus haut : chercheurs en didactique, programmes officiels et praticiens. Ces trois temps, bien qu'ils suivent un ordre chronologique, sont mis en perspective afin de faire des allers retours pour nourrir nos réflexions et pour chercher des réponses où elles se trouvent.

Le N°1 comprend une phase exploratoire du site EDP pour envisager sa pertinence comme corpus de recherche sur les pratiques du terrain, pour évaluer la correspondance de notre approche curriculaire et pour confirmer les influences des programmes officiels sur les pratiques. Nous avons retenu une grille d'analyse repérant codes et catégories de préoccupations communes et/ou exclusives pour les deux volets « Science et Technologie » et « Histoire-Géographie » (approche disciplinaire). Des analyses qualitatives nous ont permis de représenter les contenus de posts par codes, de repérer les caractéristiques principales et de classer par regroupement et différenciation ces catégories (Bardin, 1997, p. 134-168). Nous avons construit deux tableaux Excel (un pour chaque domaine) récapitulant et répertoriant 100 posts consécutifs pour faire face au caractère dynamique et aux difficultés d'ordre méthodologique. Selon Baron et Bruillard (2006, p. 7) « Le corpus est en général fortement bruité et il s'agit d'en extraire des données significatives est difficile, d'autant que l'affiliation à un groupe en ligne a souvent un caractère élastique : le nombre d'inscrits est bien supérieur à celui des participants, dans la mesure où le coût de l'adhésion est infime et certains messages sont émis par des personnes de passage. La question de l'analyse des conversations est également difficile : il ne s'agit en effet pas de dialogues, mais d'une série de prises de positions multiples, plus ou moins bien synchronisées ». Les tableaux ont été systématiquement complétés avec différentes informations pour chaque post (niveau d'enseignement, sujet du programme, préoccupation professionnelle, etc.) Des analyses semi-quantitatives sur les 100 posts ont été faites de façon manuelle pour avoir des résultats chiffrés (approche comparatiste). Pour ce qui concerne les posts en Sc. et Tech., nous avons fait des comptages pour obtenir la relation des sujets du type notionnel (contenus), par

exemple : vivant, objets, matière et des sujets hors notionnel et plus généraux, tels que des ressources pédagogiques, de la programmation, une démarche expérimentale, etc. (approche transversale).

Des logiciels d'analyse qualitative et textuelle (ALCESTE, Nvivo, Sphynx, R) n'ont pas encore été utilisés. L'ouverture très large et non-homogène des raisonnements par cas propres des forums de discussions, ainsi qu'une focalisation limitée de cette recherche sur le langage et/ou pour un vocabulaire précis, sont des contraintes (jusqu'à présent) pour l'utilisation de ce type de supports. « Il [le forum] est alors utilisé comme une source d'information sur un phénomène autre que la situation de communication créée dans et par le forum. Les interactions sont considérées comme des données permettant d'expliquer ou de comprendre un phénomène se produisant en dehors du forum. Elles deviennent des variables intermédiaires » (Henri *et al.*, 2008, p. 12).

Le temps N°2 cherche à comprendre de façon également qualitative et semi-quantitative les effets du changement de programme de 2008 à 2016, auprès de la communauté virtuelle EDP. Nous avons ainsi enregistré et mis en tableau la totalité des 59 posts consignés entre mai 2016 et avril 2017 en suivant la même méthodologie du N°1 et en ajoutant d'autres catégories plus ajustées aux variables en jeu. Ce contexte singulier est mis en évidence dans les posts et nous a fourni des pistes d'interprétation pour qualifier, quantifier et discuter nos résultats avec des approches à dominance transversale et comparatiste et moins disciplinaires.

Enfin le temps N°3 nous amène à notre situation actuelle de recherche sur les ambiguïtés, encore d'actualité, du programme 2016 et sur l'éducation au développement durable EDD, qui est par définition a-disciplinaire, ou transdisciplinaire et qui est loin de faire un consensus sur le plan éducatif en raison «de son inscription explicite et revendiquée dans une problématique politique et sociétale » (Lange, 2014, p. 2).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les catégories obtenues du corpus N° 1 par l'analyse qualitative sont :

1. Demandes de référence scientifique : les préoccupations des enseignants sont principalement liées à l'activité des élèves et à l'expérimentation et aux manipulations en classe « ... je voudrais faire fabriquer aux enfants des thermomètres... qu'ils en comprennent mieux le fonctionnement »⁴. La « démarche d'investigation » est très peu mentionnée. Ils sollicitent majoritairement des conseils sur les aspects matériels : «Je me pose plusieurs questions, notamment si vous avez utilisé le même matériel, pour les bouteilles en verre ».
2. Apprentissages effectifs : très peu d'interventions sur les processus d'apprentissage chez les élèves.
3. Dimension professionnalisante : nous constatons un sentiment de partage et d'accompagnement généralisé de la communauté pour améliorer et soutenir sa pratique.

Les résultats du point de vue quantitatif sont :

1. Contenu notionnel (lié à la discipline) ou objets enseignables : 4/5 des posts font référé-

4 Post N°12 Fichier Excel 2016 (Annexe 1)

rence directe au bulletin officiel 2012 (p.19-21)⁵. Dans un ordre décroissant, leur occurrence est : vivant (40 %), objets techniques (20 %), matière (15 %), ciel et terre (10 %), développement durable (10 %), énergie (5 %).

2. Contenu hors notionnel ou transversal : environ 1/5 de posts font partie de cette catégorie ; déployée en ressources pédagogiques : manuels, pages web, blogs (40 %); programmation de séquences (20 %); approches interdisciplinaires – français / géographie (20 %); 10 % regroupent démarche expérimentale, démarches administratives et processus d'enseignement-apprentissage.

Des catégories remaniées et nouvelles comme résultat de l'analyse du corpus N° 2 sont :

1. Difficultés que pose le nouveau programme. On passe de 3 % avant mai 2016, à 30 % entre mai 2016 et avril 2017 : « Quels thèmes avez-vous prévu de travailler avec vos CE2 par rapport aux nouveaux programmes ? Autant les programmes 2012 étaient lourds mais ils avaient le mérite de décliner les connaissances par niveau. Là, avec les programmes 2016, chacun fait à sa sauce !!! »⁶.

2. Difficultés liées aux aspects matériels qui ne diminuent pas significativement (de 30 % à 25 %).

3. Demandes d'avis sur les manuels scolaires qui augmentent sensiblement de 10 % à 25 % et cela, vraisemblablement en réponse au changement de programme.

Il y a l'apparition de nouvelles préoccupations concernant les nouveaux textes officiels :

4. Incompréhension dans 30 % des posts. La difficulté d'appréhender les contenus et les progressions des séquences est passée d'environ 10 % à 30 % : «Avez-vous travaillé la notion de l'air avec vos CE2 ? Combien de séances avez-vous faites ? Quelle progression avez-vous suivie ? Dans mes manuels, je trouve qu'est-ce que l'air et quelles sont les caractéristiques de l'air»⁷.

5. Imbrication de thématiques; en particulier entre matière et développement durable. Voici un post intitulé Identifier des enjeux liés à l'environnement Cycle 3 qui fera l'objet d'analyse ci-dessous :

«Bonjour, est-ce que quelqu'un pourrait m'éclairer sur le nouveau BO ? Je fais une séquence en cycle 3 sur l'impact des déchets sur l'environnement. Donc pour moi dans le nouveau BO c'est dans la partie «la planète terre. Les êtres vivants dans leur environnement» dans «Identifier des enjeux liés à l'environnement» J'ai vu sur le site... que les déchets ne faisaient pas parti de ce thème ?? Pourriez-vous m'aider car je débute et je me perds un peu!»⁸

Enfin, le corpus N°3 comprend des posts qui déclenchent une discussion conséquente sur des aspects qui nous semblent importants pour comprendre les difficultés chez les enseignants. Ces aspects sont catégorisés en :

1. Des propos explicites sur l'incompréhension du texte officiel 2015 (des adjectifs comme

5 BO n°1 5/01/2012

6 Posté le 11/08/2016

7 Posté le 02/04/2017

8 Date initiale du post: 15/02/2017, 3 réponses 298 vues au 2/02/2018, 1488 vues au 18/09/2019, 1502 vues au 2/10/2019, 1697 vues au 29/02/2020

- «flou», «pas clairs», «tellement abstraits», «dénue de liens», voire péjoratifs «devient pourri», «du saupoudrage», «inapplicable» même incompréhensibles «en chinois»);
2. L'abandon d'objets enseignables emblématiques (le corps humain, la lune, le circuit électrique);
 3. Des explications en liaison avec la Géographie, principalement «Je préférerais leur faire faire de la géo physique... au moins là, j'ai l'impression de leur apporter qq chose. Je crois qu'il y a un juste milieu à trouver entre «apprendre les numéros des départements par cœur» comme nos grands-parents, et cette géographie-là....»;
 4. Le changement de cycle : CE2 en cycle 2 et 6ème en cycle 3 («Si j'ai bien compris cela sera traité au collège, ou bien cela est envisageable (en CM1, CM2) en fonction de la progression pensée et mise en place avec les enseignants des classes de 6ème et autres niveaux.»);

D'autres catégories pourront faire l'objet d'analyses ultérieures telles que : manque de formation et de connaissances en sciences et/ou méconnaissance des thématiques des disciplines scientifiques ; absence d'intérêt pour les élèves ; appui sur des manuels scolaires...

Pour ce dernier recueil des données, nous nous intéressons au recouvrement disciplinaire et aux découpages disciplinaires de l'EDD, pour analyser l'imbrication de thématiques et/ou glissement de notions. Le post cité au-dessus (corpus No.2) met en évidence des difficultés pour la séquence d'un contenu en rapport avec le thème 4 « les déchets », alors que ce terme n'est plus cité dans le programme⁹ :

« Suivre et décrire le devenir de quelques matériaux de l'environnement proche / Re-liaison besoins de l'être humain, l'exploitation des ressources naturelles et les impacts à prévoir et gérer (risques, rejets, valorisation, épuisement des stocks)».

Certains aspects de ce texte sont directement liés au problème de déchets sans pour autant utiliser ces termes. On peut penser que la difficulté est liée au statut débutant de l'enseignant : « car je débute et je me perds un peu ! ». On peut aussi l'interpréter comme une situation perturbante (changement inattendu) et susceptible de mettre en difficulté des enseignants (débutants et/ou expérimentés). En revanche, on retrouve dans cette partie du BO, le terme «matériaux» qui est justement un terme clé du thème précédent « Matériaux et objet techniques » alors que le terme matériaux n'apparaît pas dans les titres des thèmes du BO 2008/2012. On peut noter une diminution du nombre des grands découpages de neuf modules en 2012 à quatre thèmes en 2015. Par ailleurs, les termes utilisés dans cette partie du programme des sciences : « devenir de matériaux, rejets, valorisation », peuvent être associés au terme recyclage qui est évoqué dans le programme de géographie, BO 2015¹⁰ «... recyclage au-delà du tri des déchets... » (En géographie, thème 3 « Mieux habiter »).

La difficulté de l'enseignant à repérer le terme « déchets » pose alors un problème de catégorie à l'intérieur du programme de sciences et entre celui de sciences et celui d'histoire-géographie. Il est donc clair que le thème des déchets, quelle que soit la façon de le nommer, apparaît de façon « transversale » dans le programme et qu'il échappe à toute tentative de catégorisation exclusive, ce qui peut mettre certains enseignants en difficulté. Le programme de 2015, plus que les programmes précédents, est un programme « imbriqué » dans le cadre d'une logique curriculaire intégrative qui est la nôtre.

9 BO spécial n°11 26/11/ 2015 https://cache.mdia.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_11/67/3/2015_programmes_cycles234_4_12_ok_508673.pdf p. 196

10 Ibid p.180

Nos résultats confirment l'intérêt de cette méthodologie pour notre problématique de recherche. Le forum EDP nous a permis d'analyser et de situer les préoccupations professionnelles communes des enseignants. Elles tournent autour de la prescription officielle (programmes), les catégories de nos analyses (demandes des ressources, d'avis ou conseils sur des séquences précises) et le développement professionnel (améliorer savoir et savoir-faire). Nous constatons une faible préoccupation sur les apprentissages effectifs des élèves avec ce corpus. En revanche, il nous a ouvert une fenêtre sur des pratiques effectives de l'enseignement des sciences pour mieux comprendre ce qui pilote les enseignants en classe (activités expérimentales, manipulations, objets enseignables...). Les échanges libres et anonymes confirment des positionnements en décalage entre les acteurs éducatifs. D'autres catégories et des contraintes du travail réel seront approfondies dans le cadre de la thèse en cours pour éclaircir ces questions.

CONCLUSION

Pour aborder notre problématique centrée sur les préoccupations voire les difficultés rencontrées par les enseignants du primaire dans la mise en place d'un curriculum « prescrit » et recommandé en sciences et technologies, on a mis en avant trois approches afin de saisir au mieux les aspects des pratiques effectives qui nous interpellent : Transversale pour rendre compte des interconnexions pédagogiques dans l'exercice du métier professeur d'école et les particularités psychologiques liées aux acteurs enfants/élèves ; « Comparatiste » dans la mesure où nous accentuons l'analyse des continuités et ruptures d'un curriculum pensé d'emblée comme un ensemble indissociable, alors qu'il devrait considérer à la fois la dimension synchronique (entre sciences et technologies et d'autres domaines) et diachronique (entre les niveaux scolaires et le recouvrement des cycles par exemple); et « Disciplinaire » compte tenu des croisements et des interrelations mises en évidence entre domaines (sciences et histoire/géographie) et des questions socialement vives comme l'éducation à l'environnement durable où le découpage disciplinaire est loin d'être évident.

En guise de conclusion, l'analyse de ce forum permet de mieux comprendre la professionnalité enseignante en prenant en compte la logique ascendante que nous apporte l'approche curriculaire. En effet, c'est une entrée originale sur les pratiques effectives qui nous permet d'identifier des besoins réels du terrain. C'est donc un outil intéressant pour les chercheurs, mais c'est aussi un outil d'apprentissage et de partage pour les enseignants au sein d'une communauté virtuelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Bardin, L. (1997). *L'analyse de contenu*. Quadrige Manuels PUF.
- Baron, G.-L. & Bruillard, E. (2006). Quels apprentissages dans des communautés d'enseignants en ligne ? Réflexions méthodologiques et perspectives. In B. Charlier & A. Daele (Eds.), *Comprendre les communautés virtuelles d'enseignants : pratiques et recherches*, (pp. 177-194), L'Harmattan. Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00256060>
- Bisault, J. (2010). Des moments de sciences à l'école primaire : quelles références pour quels enjeux ? Sciences des scientifiques et sciences scolaires, *RDST*, 53-78. Repéré à l'adresse: <https://journals.openedition.org/rdst/284>

- Bisault, J. (2011). *Contribution à l'élaboration curriculaire d'une éducation scientifique à l'école primaire : modélisation des moments scolaires à visée scientifiques*, HDR : ENS Cachan. Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00693900>
- Bisault, J., Buverte, M., Le Bourgeois, R. (2016, juillet). Symposium : *Un forum d'enseignants : un corpus pour appréhender les préoccupations des enseignants français du premier degré en science, histoire et géographie*. Communication présentée au Congrès AREF, Mons, Belgique.
- Bisault, J., & Buverte, M. (2017, mai) *Le forum EDP, espace d'échanges entre pairs : une fenêtre pour comprendre les préoccupations professionnelles des enseignants français du primaire en sciences à l'heure du changement de programme*. Communication présentée au Colloque international - hommage à Yves Reuter, Université de Lille 3.
- De Landsheere, V. (1992). *L'éducation et la formation*. Paris : PUF.
- Fadel, K. (2019). *Contribution à l'élucidation d'un curriculum interconnecté au cycle 3 de l'école primaire L'exemple de moments scolaires de sciences et d'histoire*. Thèse de doctorat inédite, UPJV CAREF Amiens.
- Henri, F., Peraya, D. & Charlier, B. (2007). La recherche sur les forums de discussion en milieu éducatif : critères de qualité et qualité des pratiques. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation, ATIEF, 14*, 18. hal-00696329
- Lange, J.-M. (2014). Éducation au développement durable : intérêts et limites d'un usage scolaire des investigations multi référentielles d'enjeux. *Éducation et socialisation, 36*. Repéré à l'adresse <http://journals.openedition.org/edso/959>
- Lebeaume, J. (2008). *Les sciences à l'école, des leçons de choses aux sciences expérimentales et technologie*. Paris : Delagrave.
- Lebeaume, J. (2011). L'éducation technologique au collège : un enseignement pour questionner la refondation du curriculum et les réorientations des disciplines. *Éducation et didactique, 5*(5.2), 7-22.
- Martinand, J.-L. (1994). La didactique des sciences et de la technologie et la formation des enseignants. *ASTER, 19*, 61-75. Repéré à l'adresse <https://doi.org/10.4267/2042/8613>
- Martinand, J.-L. (coord.) (1995). *Découverte de la matière et de la technique. Introduction*. Hachette Education, 1-21.
- Martinand, J.-L. (2001). Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire. In A. Terrisse (Ed.). *Didactique des disciplines, les références au savoir*. Bruxelles : De Boeck.
- Martinand, J.-L. (2003). La question de la référence en didactique du curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências, 8*(2), 125-130. Repéré à l'adresse <http://artheque.ens-cachan.fr/items/show/4673>
- Prost, M., Cahour, B. et Détienne, F. (2016) Les forums virtuels : ressource pour le développement des pratiques et du bien-être des professionnels. *Activités 13* (2), 1-33 DOI : 10.4000/activites.2827
- Ross, A. (2000). *Curriculum: construction and critique*. London; New York: Falmer Press.
- MEN. (2008) Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire. Bulletin Officiel. Hors-série n°3 du 19 juin 2008.
- MEN (2012) Modification des programmes d'enseignement. Bulletin Officiel n°1

du 5 janvier 2012. Repéré à https://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/programme_CE2_CM1_CM2.htm

MEN (2015) Programme d'enseignement du cycle de consolidation (cycle 3). Bulletin officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015. Repéré à https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=94708

Site «enseignants du primaire» en ligne <http://forums-enseignants-du-primaire.com/>

LE MODÈLE DES DEUX MONDES, UN OUTIL POUR L'ANALYSE RÉFLEXIVE D'UNE PRATIQUE ENSEIGNANTE À L'UNIVERSITÉ

LE CAS DE L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE DE L'ESCALADE

Cécile De Hosson¹, Florence Elias²

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR) - Université d'Artois : EA4434
Université Paris Diderot - Paris 7

2 : Matière et Systèmes Complexes (MSC) Université Paris Diderot - Paris 7, Centre National
de la Recherche Scientifique : UMR7057 Université Paris Diderot

Résumé : Dans ce travail nous analysons l'intérêt de l'usage (en contexte de compagnonnage) du modèle des deux mondes pour outiller l'analyse réflexive d'enseignant.e.s-chercheur.e.s (EC) physicien.ne.s. Nous faisons l'hypothèse que la réussite d'une action de compagnonnage se donnant pour but le développement d'une pensée réflexive peut difficilement se départir de la nature disciplinaire de ce qui est enseigné. Cette hypothèse est mise à l'épreuve d'une collaboration entre une EC de physique (EC1) et une chercheuse en didactique de la physique (EC2) autour d'une unité d'enseignement - la physique de l'escalade - visant à rapprocher physique et vie quotidienne. À partir de cette étude de cas, nous montrons que l'action de compagnonnage bénéficie de la nature disciplinaire du modèle des deux mondes (ancré «dans la physique») : EC1 s'y projette à la fois en tant que chercheur.e en physique et en tant qu'enseignant.e. Outre les effets sur l'analyse réflexive d'EC1, la collaboration a également permis à EC2 d'élargir l'empan de l'usage du modèle des deux mondes (initialement conçu pour guider l'élaboration de ressources) en en faisant un outil du compagnon réflexif.

Mots-clés : modèle des deux mondes, réflexivité, compagnon réflexif, physique, enseignement supérieur

THE MODEL OF THE TWO WORLDS, A TOOL FOR REFLECTIVE ANALYSIS OF A TEACHING PRACTICE AT THE UNIVERSITY LEVEL

THE CASE OF THE TEACHING OF PHYSICS OF CLIMBING

Abstract : In this research we analyse the interest of using (in a context of companionship) the model of the two worlds to support the reflexive analysis of teacher-researchers (TR) in physics. We assume that the success of a companion action aimed at developing reflective thinking can hardly be separated from the disciplinary nature of what is taught. This assumption is tested through a collaboration between a physics TR (TR1) and a researcher in physics education (TR2) on a teaching unit - climbing physics - designed to bring physics and daily life closer together. From this case study, we show that companion action benefits from the disciplinary nature of the two worlds model (anchored «in physics»): TR1 projects herself into the model both as a researcher in physics and as a physics teacher. In addition to the effects on the reflexive analysis of TR1, the collaboration also allowed TR2 to broaden the scope of use of the two-world model (initially designed to guide resource development) by making it a tool for the reflexive companion.

Keywords : the model of the two words, reflexivity, reflexive partner, physics, upper education

INTRODUCTION

L'université, ce que l'on y enseigne et la manière dont on le fait, est depuis de nombreuses années, lieu d'innovation et de réflexion pédagogiques. Aux plans structurels et institutionnels, rares sont les établissements universitaires français qui ne disposent pas d'un service d'appui à l'enseignement et les initiatives en faveur du développement pédagogique des enseignant.e.s du supérieur se multiplient. Certaines d'entre-elles s'inspirent des travaux produits dans le contexte de la recherche en «pédagogie universitaire» qui regroupe des études prenant pour cible des dimensions variées de l'enseignement supérieur (voir de Ketele, 2010) mais prennent peu, voire pas, en charge les spécificités disciplinaires de ce qui est enseigné. Pourtant, les plaidoyers en faveur de recherches disciplinairement situées (entrée privilégiée par les recherches en didactique) s'affichent régulièrement dans la littérature (Becher, 1994 ; Berthiaume, 2007 ; Poteaux, 2013 ; Tralongo *et al.*, 2019). Le travail que nous présentons ici se pose comme une réponse à ce besoin de disciplinarisation de la pédagogie universitaire. Précisément, nous décrivons une modalité d'appui à l'enseignement de la physique structurée à partir de résultats issus de la recherche en didactique. Après avoir précisé le contexte au sein duquel se situe notre travail, nous présentons notre démarche et ses fondements théoriques, démarche que nous mettons à l'épreuve d'une étude de cas, fruit du travail conjoint d'une enseignante-chercheuse en physique de la matière condensée (EC1) et d'une chercheuse en didactique de la physique (EC2), toutes deux autrices de ce texte.

ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Entre 2014 et 2017, EC1 a élaboré et mis en œuvre une unité d'enseignement (UE) - la physique de l'escalade - que les étudiant.e.s de L1 inscrit.e.s en Sciences Technologies Santé peuvent choisir au sein d'un bouquet d'UE regroupées sous l'appellation «Atelier de Recherche Encadré»¹. L'UE «physique de l'escalade» est co-encadrée par EC1 et par un enseignant de sport ; les activités se déroulent tantôt en salle de TP, tantôt dans un gymnase équipé d'un mur d'escalade. Il s'agit, pour les étudiant.e.s, de mettre à l'épreuve des modèles mathématiques obtenus à partir des lois de la mécanique newtonienne sur des situations «de la vie quotidienne» en contexte sportif. L'UE s'organise autour de sept ateliers, chaque atelier prenant pour cible un aspect particulier de l'activité d'escalade : position optimale du corps (voir annexe 1), chute, adhérence des chaussons, points d'ancrage des cordes, etc.

L'UE trouve sa motivation dans la volonté d'EC1 de mettre les étudiant.e.s dans une situation de la vie quotidienne afin de leur montrer que la physique s'y déploie largement. Notre collaboration est née, elle, du désir d'EC1 d'outiller son regard sur cette pratique pédagogique originale pour en améliorer les effets. Notre proximité académique (nous travaillons au sein de la même UFR) et les échanges, certes informels, mais réguliers que nous avons jusqu'alors à propos de l'enseignement, nous ont conduites à formaliser une collaboration se donnant pour objectif de trouver de bons leviers pour favoriser l'outillage attendu.

Outiller la pratique pédagogique de l'EC : réflexivité et compagnonnage

Lorsque l'on interroge les EC sur la manière dont ils et elles se forment en tant qu'enseignant.e (ou dont ils et elles souhaiteraient l'être) la modalité majoritairement plébiscitée (outre la formation «sur le tas») valorise les échanges entre pairs (King, 2006 ; Endrizzi, 2011). Dans le contexte disciplinaire qui nous occupe, nous avons récemment montré que les EC physicien.

1 Les Atelier de Recherche Encadré (ARE) regroupent des enseignements transdisciplinaires. Les étudiant.e.s travaillent par petits groupes (par quatre habituellement) et progressent sur un sujet qui rassemble deux disciplines. Une dizaine de ces ateliers comporte de la physique.

ne.s seraient également enclin.e.s à participer à des actions favorisant l'autoscopie et la réflexivité (de Hosson *et al.*, 2015). La démarche d'EC1 fait écho à cet attrait déclaré et permet d'envisager une action d'appui proche de ce que les chercheur.e.s en pédagogie universitaire regroupent sous la désignation Scholarship of Teaching and Learning - SoTL (voir à ce sujet Rege Collet *et al.*, 2011) où «se former à la pratique réflexive c'est [...] apprendre à utiliser des savoirs théoriques qui permettent [aux enseignant.e.s] de formaliser l'expérience et échafauder des hypothèses, à modéliser le réel [...]» bref, «à tirer profit de leur expérience quotidienne pour continuer à développer et à parfaire leurs compétences d'enseignants» (Lison, 2013, p. 20). Parmi les modalités susceptibles d'aider l'enseignant.e à porter un regard réflexif sur sa pratique, nous avons choisi d'emprunter la voie du compagnonnage. EC2 endosse ici le rôle de «compagnon réflexif» (Lison, 2013), un tiers qui «aide son collègue à se rapprocher du réel, à le voir sous d'autres angles afin de l'appréhender plus objectivement» (Lison, 2013, p. 21). Sa spécificité est d'appartenir à la même «tribu» (Becher, 1994) qu'EC1 ; la «réalité disciplinaire» du terrain pédagogique d'EC1 se voit donc prise en compte, ce qui n'est pas toujours le cas dans les actions de compagnonnage à l'université (Clément *et al.*, 2011).

PROBLÉMATIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Compte-tenu des objectifs énoncés par EC1 concernant son enseignement, EC2 a fait le choix d'ancrer son action sur une description théorisée de l'activité de modélisation en physique produite par la recherche en didactique, le «modèle des deux mondes» (Figure 1).

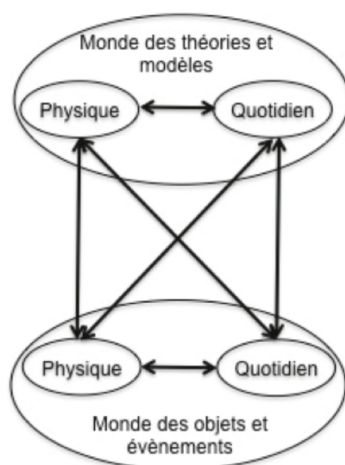


Figure 1. : Schématisation du modèle des deux mondes - extrait de Veillard, et al., 2011.

Créé pour «guider la conception de ressources d'enseignement de la physique au niveau secondaire» (Veillard *et al.*, 2011, p. 206), le modèle des deux mondes permet de distinguer deux cadres explicatifs (celui de la physique et celui de la vie quotidienne) susceptibles d'intervenir dans le processus de construction des savoirs sur le monde (considéré en tant que mise en lien entre le monde «des choses», celui des objets et des événements et le monde des théories et des modèles). Le modèle des deux mondes ne se limite donc pas à donner à voir la physique comme un processus dialectique entre deux mondes physiciens, l'un empirique, l'autre théorique. Sa potentialité didactique tient en ce qu'il permet de distinguer, pour chacun de ces mondes, les savoirs qui relèvent de la physique et ceux qui relèvent de la vie quotidienne : une situation familière peut être décrite du point de vue de la physique ou d'un point de vue plus

quotidien ; ces points de vue ne sont pas nécessairement compatibles, ce qui n'est pas sans conséquence pour l'enseignement.

Dans ce travail nous analysons l'intérêt de l'usage (en contexte de compagnonnage) du modèle des deux mondes pour outiller l'analyse réflexive des EC de physique. Ce choix est porté par le fait que EC2 est familière de son usage pour l'analyse de séance d'enseignement de physique (de Hosson *et al.*, 2018). C'est également parce que nous faisons l'hypothèse que sa nature hautement disciplinaire va permettre à EC1 de s'y projeter à la fois en tant que chercheuse en physique et en tant qu'enseignante d'une UE visant à faire vivre la physique dans la vie quotidienne. C'est cette possible projection (à la fois disciplinaire et épistémologique) que nous mettons ici à l'épreuve en cherchant à répondre à la question suivante : quelle appropriation du modèle des deux mondes par EC1, pour quels effets ?

MODALITÉS DE LA COLLABORATION - RECUEIL DES DONNÉES

L'expérimentation s'est déroulée entre décembre 2016 et juillet 2018. Au cours de cette période, EC2 a assisté à huit séances d'enseignement et cinq entretiens avec EC1 ont été organisés : le premier avant le démarrage de l'UE, les trois suivants à l'issue des séances 2, 4 et 7 et le dernier un an après la fin de l'enseignement. Les séances observées ont fait l'objet de prises de notes par EC2 et d'enregistrements audio ponctuels (par exemple, lors d'échanges d'EC1 et/ou d'EC2 avec les étudiant.e.s). Ces notes sont venues alimenter les échanges entre EC1 et EC2 lors des entretiens ; EC2 pouvait y dévoiler des éléments observés non nécessairement repérés par EC1. Les entretiens entre EC1 et EC2 ont, quant à eux, été audio-enregistrés dans leur intégralité et transcrits. L'organisation chronologique de la collaboration, le contenu des séances et des entretiens, sont présentés en annexe 4.

ÉLÉMENTS D'ANALYSE

Afin d'apporter réponse à notre question de recherche, nous repérons, dans les propos d'EC1, des signes d'appropriation du modèle des deux mondes ainsi que des indices d'évolution du regard d'EC1 sur sa pratique pouvant être attribués à l'usage de cette description, et plus généralement, à l'action de compagnonnage.

UNE ADHÉSION QUASI-IMMÉDIATE AU MODÈLE DES DEUX MONDES

Le modèle des deux mondes (sous forme de schéma) s'est installé très rapidement comme support fécond d'échanges entre EC1 et EC2. Dès l'entretien #1, EC1 s'est montrée enthousiaste à l'idée « qu'il existe quelque part un modèle » de ce qu'elle avait « imaginé intuitivement », c'est-à-dire, « penser un enseignement qui mette les étudiants dans une posture de vie quotidienne et leur montrer que la physique est dans la vie quotidienne ». Cette proximité entre les intentions pédagogiques d'EC1 et les fondements épistémologiques de la description, a été dès le départ un moteur de la réflexion. Une alternative à la pratique installée a même émergé dès les premières minutes de l'entretien : « Dans deux semaines [séance 2] je vais leur demander de trouver une équation. Les délais sont courts. Du coup, je leur donne beaucoup d'éléments théoriques. En fait, je les fais travailler dans le monde du haut [théories et modèles] et ils iront ensuite vérifier l'équation dans le monde du bas [objets et événements], en salle de TP et puis en gymnase. Ouais c'est intéressant de voir ce schéma. Ça me plaît bien. Peut-être qu'on pourrait faire dans l'autre sens [de bas en haut] mais ce serait plus long et puis ils ont du mal avec

les maths » (entretien #1).

L'adhésion rapide d'EC1 s'est en fait portée sur la partie « gauche » du schéma. L'appropriation de la partie « droite » n'a elle pas été immédiate. Pour EC1, les difficultés allaient être d'ordre « mathématique ». C'est à l'issue de la séance #2 que certaines « difficultés ressenties » mais non identifiées dans leur nature, ont pu être élucidées.

LA PRISE EN COMPTE DES « CONCEPTIONS » DES ÉTUDIANT.E.S

La première élucidation s'est faite lors de l'entretien #2 à propos de l'atelier position du corps (voir annexe 1 et 2). Les étudiant.e.s en charge de cet atelier avaient représenté le vecteur «force de traction» dans le sens opposé à celui attendu. EC2 est revenue sur cette représentation en la situant dans le modèle des deux mondes et en proposant une interprétation possible (interprétation qui sera d'ailleurs confirmée par les propos des étudiant.e.s lors de la séance #5, voir annexe 3). Lors de l'entretien final, EC1 est largement revenue sur l'importance que revêtait désormais pour elle la prise en compte des « préconceptions des étudiants » : « ça c'est vraiment quelque chose que le fait de discuter ensemble ça m'a appris, les préconceptions des étudiants. Quand j'ai démarré, un peu comme tout le monde, je pensais que les étudiants en première année ils étaient nuls en maths et voilà ça va être ça la difficulté c'est qu'ils savent pas résoudre une équation. Mais en fait c'est plus complexe que ça / les difficultés n'étaient pas là où je les attendais » (entretien #5).

LA DIFFICILE TRANSITION ENTRE « VIE RÉELLE » ET « LABORATOIRE »

La deuxième élucidation a été exprimée par EC1 lors de l'entretien #3 de manière assez brève et de manière beaucoup plus détaillée, lors de l'entretien final. Elle concerne la difficulté des étudiant.e.s à faire le lien entre les mesures faites en salle de TP et celles faites en gymnase : « Pour moi c'était évident que si je mettais le même nom sur la manip en TP et en gymnase alors ils [les étudiants] allaient faire le lien. Et en fait ça m'a étonnée de voir que en fait c'était vraiment / enfin c'était deux mondes vraiment différents » (entretien #5). EC1 précise qu'elle avait déjà perçu cette difficulté au cours des années passées, ce qui l'avait conduite « à passer moins de temps en salle de TP et davantage en gymnase ». Le modèle des deux mondes vient légitimer, en quelque sorte, le déplacement opéré au fil des ans par EC1 (de la salle de TP vers le gymnase) : le gymnase devient « le monde du bas », il se subdivise en deux « sous mondes » : un monde « de la vie réelle » et un monde « physicien » qu'il s'agit de rapprocher « pour que les étudiant.e.s comprennent que c'est la même chose » (entretien #5). Elle valorise alors « l'importance de la flèche "A" [voir annexe 2] et précise que si dans ses ateliers elle « identifie un trajet clair qui inclut la partie de droite [la vie quotidienne dans les mondes du haut et du bas] », elle peut « vraiment dire ça a apporté quelque chose aux étudiants ».

RÉSULTATS ET ÉLÉMENTS DE DISCUSSION

Le modèle des deux mondes a permis à EC1 « de mettre des mots sur des intuitions », de « théoriser des difficultés ressenties », « d'avoir du recul pour mieux comprendre ce que sont les étudiants, là où peuvent être les nœuds », de « porter un regard réflexif » sur sa pratique. Lors de l'entretien final, elle affirme plusieurs fois que sa pratique va s'en trouver modifiée.

Mais si ces mots font sens, c'est, comme nous le supposons, parce qu'il existe une proximité entre la nature disciplinaire du modèle et l'appartenance disciplinaire d'EC1, ce qu'elle confirme lors de l'entretien final : « c'est un modèle qui est particulièrement approprié quand on s'inté-


resse à la physique de la vie quotidienne, à la physique macroscopique ». On pourrait donc affirmer que la description des deux mondes se trouve au sein de ce que Abboud et Robert (2015) nomment la zone proximale de développement des pratiques (ZPDP) et qui fait référence à ce que les enseignant.e.s ont vécu, sans nécessairement pouvoir en parler, ni même l'identifier. Parmi les noeuds que le modèle a permis d'élucider, la difficulté pour les étudiant.e.s de penser le monde quotidien comme un monde physicien retient ici notre attention. Ce qui a motivé la création de cette UE, c'est de faire vivre aux étudiants le lien indissociable qui associe monde réel et physique (EC1 dira plusieurs fois que ce qui est important pour elle, c'est de leur montrer que « le réel, c'est de la physique »). Mais cette vision presque syncrétique qu'EC1 porte sur le monde des objets (certainement naturalisée par son activité de recherche), est loin d'être partagée par les étudiant.e.s, ce dont EC1 prend conscience en partie grâce au modèle des deux mondes. En effet, la spécificité de ce modèle, c'est qu'il inclut un autre cadre interprétatif du monde réel que celui du physicien : celui de la « vie quotidienne » susceptible d'être activé par les étudiant.e.s. D'une certaine manière, le modèle des deux mondes désyncrétise le monde réel et permet à EC1 de prendre conscience du fait que pour un.e étudiant.e, un gymnase n'est pas d'emblée un monde physicien. En outre, lorsqu'il le deviendra, il pourra faire l'objet de théorisations parfois inappropriées. Ainsi, au-delà des effets sur l'analyse réflexive d'EC1, la collaboration a également permis à EC2 d'élargir l'empan de l'usage du modèle des deux mondes (initialement conçu pour guider l'élaboration de ressources), en en faisant un outil du compagnon réflexif.

BIBLIOGRAPHIE

- Abboud-Blanchard, M. & Robert, A. (2015). Former des formateurs d'enseignants de mathématiques du secondaire : un besoin, une expérience et une question d'actualité, *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 20, 181-206.
- Becher, T. (1994). The significance of disciplinary differences. *Studies in Higher Education*, 19(2), 151-161.
- Berthiaume, D. (2007). Une description empirique du savoir pédagogique disciplinaire des professeurs d'université. In Vers un changement de culture en enseignement supérieur. Regards sur l'innovation, la collaboration et la valorisation (pp. 179-181). *Actes du 24e congrès de l'AIPU*, 16 au 18 mai, Université de Montréal, Montréal.
- Clément, M., Napoli, R. D., Gilis, A., Buelens, H. & Frenay, M. (2011). Educational consultation for reflective-dialogic partnerships: a possible model. *Recherche et formation*, 67, 31-47.
- de Hosson, C., Manrique, A., Regad, L. & Robert, A. (2018). Du savoir savant au savoir enseigné, analyse de l'exposition des connaissances en cours magistral de physique : une étude de cas, *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 34(1).
- de Hosson, C., Décamp, N., Morand, E. & Robert, A. (2015). Approcher l'identité professionnelle d'enseignants universitaires de physique : un levier pour initier des changements de pratiques pédagogiques. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 11, 161-196.
- Elias, F. & de Hosson, C. (2017). La physique est-elle un sport comme les autres ? *2e colloque Enseigner la physique à l'université*, 10-11 juillet 2017, France : Paris.
- De Ketele, J. M. (2010). La pédagogie universitaire : un courant en plein développe-

- ment, *Revue française de pédagogie*, 172, 5-13.
- Lison, C. (2013). La pratique réflexive en enseignement supérieur : d'une approche théorique à une perspective de développement professionnel. *Phronesis*, 2(1), 15-27.
- Poteaux, N. (2013). Pédagogie de l'enseignement supérieur en France : état de la question. *Distances et médiations des savoirs*, 4.
- Colet, N. R., McAlpine, L., Fanghanel, J. & Weston, C. (2011). Le concept de Scholarship of Teaching and Learning. La recherche sur l'enseignement supérieur et la formalisation des pratiques enseignantes. *Recherche et formation*, 67, 91-104.
- Tralongo, S., Court, M. & Kakpo, S. (2019). Introduction. Dire plutôt que laisser dire. Analyser en sociologue ses pratiques d'enseignement. *Socio-logos. Revue de l'association française de sociologie*, 14.
- Veillard, L., Tiberghien, A. & Vince, J. (2011). Analyse d'une activité de conception collaborative de ressources pour l'enseignement de la physique et la formation des professeurs. Le rôle de théories ou outils spécifiques. *Activités*, 8(2).

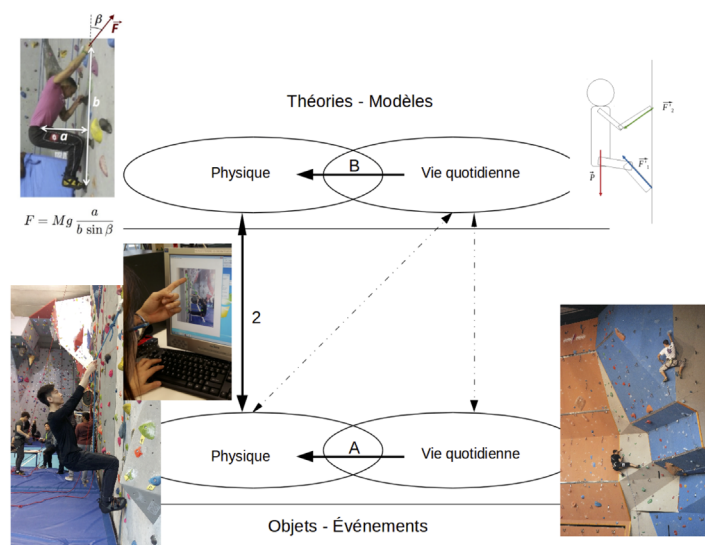
ANNEXE 1 : DESCRIPTION DE L'ATELIER : «POSITION DU CORPS - FORCE DE TRACTION»

<p>Objectifs fixés par EC1</p>	 $F = Mg \frac{a}{b \sin \beta}$
<p>Cet atelier prend pour objet d'étude l'intensité de la force dite de « traction » (force qui modélise l'une des composantes de l'interaction entre le mur et le bras du grimpeur - vecteur F ci-contre). La démarche proposée aux étudiant.e.s consiste en la confrontation de valeurs de l'intensité de cette force obtenues par deux voies distinctes : une voie théorique, reposant sur l'application des lois qui régissent les situations d'équilibre statique dans un référentiel galiléen (par laquelle on obtient l'équation ci-contre), et une voie expérimentale, engageant la mesure directe de l'intensité de la force de traction via l'utilisation d'un dynamomètre en situation réelle d'escalade.</p>	

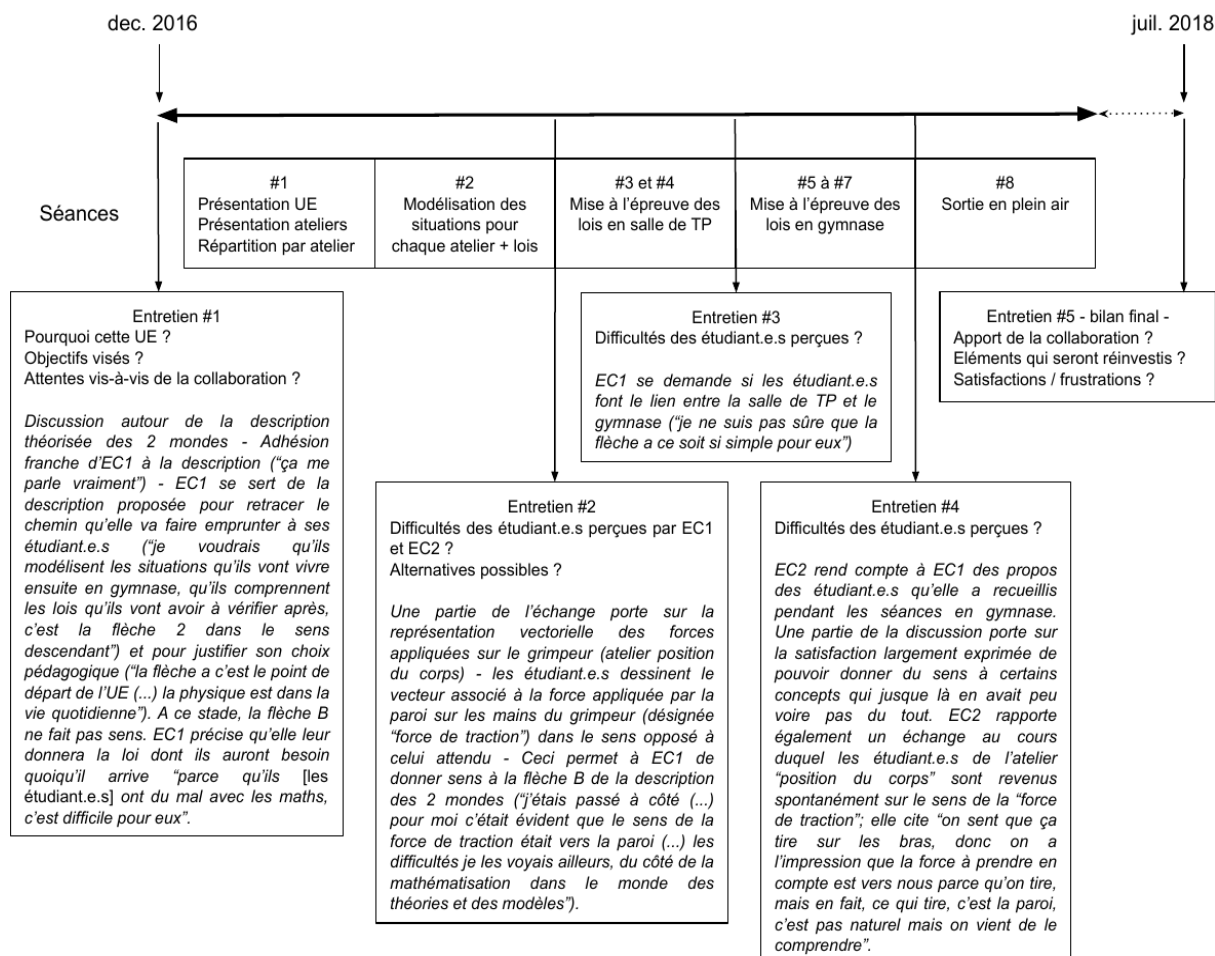
ANNEXE 2 : RECONSTRUCTION DE L'ATELIER «POSITION DU CORPS» RÉALISÉE

CONJOINTEMENT PAR EC1 ET EC2 DANS LE MODÈLE DES DEUX MONDES (ELIAS & DE HOSSON, 2017).

Une activité sportive (escalade le long d'un mur en gymnase) est transformée en une expérience de physique (flèche A). Les étudiants établissent l'équation leur permettant de calculer l'intensité de la «force de traction» (F) par l'application des lois de l'équilibre des moments et des forces (monde des théories et des modèles). Ces lois sont tout d'abord appliquées de manière incorrecte : la force F est dessinée dans un sens opposé à celui attendu («vie quotidienne» dans le monde des théories et des modèles). Cette erreur est travaillée par EC1 (flèche B). En gymnase, les étudiants mesurent l'intensité de la «force de traction» via un dynamomètre placé entre un point d'attache et leurs matins (monde des objets et des événements). L'analyse d'une photographie prise lors de l'expérimentation en gymnase permet de remonter (flèche 2) aux valeurs des distances a et b nécessaires pour la réalisation du travail dans le monde des théories et des modèles (mesures effectuées grâce au logiciel IMAGEJ).



ANNEXE 3 : CHRONOGRAMME DE LA RECHERCHE



LE NUMÉRIQUE, UN OUTIL POUR DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES ARGUMENTATIVES SUR DES QUESTIONS SOCIO-SCIENTIFIQUES ?

Gabriel Pallares¹, Manuel Bächtold¹, Valérie Munier¹

1 : Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation (LIRDEF)

Université Paul Valéry - Montpellier III, Université de Montpellier : EA3749

Résumé : Pour prendre part d'une façon réflexive et raisonnée à des débats sur des Questions Socio-Scientifiques (QSS), les élèves doivent acquérir des compétences leur permettant d'évaluer et de produire des arguments issus de domaines de connaissance variés. Or, de nouvelles opportunités pour développer ces compétences sont offertes par les débats numériques. Mais quelle est précisément leur contribution pour aider les élèves à développer leurs compétences argumentatives sur des QSS et appréhender la complexité et l'ouverture de ces questions ? Dans cette étude, nous présentons les analyses de 16 débats numériques portant sur des QSS, menés dans des classes de lycée dans différentes disciplines. La plateforme numérique utilisée pour les débats a la caractéristique d'initier le débat à partir d'un texte et non d'une question. Notre analyse de la structure des débats et de l'argumentation développée par les élèves montre que, dans l'ensemble, ils appréhendent la complexité des questions débattues et développent une argumentation riche, bien que ces performances soient très dépendantes de la question et du texte débattus.

Mots-clés : argumentation, questions socio-scientifiques, esprit critique, débat numérique, éducation à la citoyenneté

DIGITAL TECHNOLOGY, A TOOL TO DEVELOP ARGUMENTATIVE SKILLS ON SOCIO SCIENTIFIC ISSUES?

Abstract : In order to take part in an reflexive and reasonable way to debates on SocioScientific Issues (SSI), pupils have to acquire skills allowing them to evaluate and produce arguments from various domains. New opportunities to develop these skills are provided by computer-mediated debates. What is precisely their contribution to help pupils develop argumentative skills on SSIs and grasp the complexity and openness of these issues? In this study, we analyze 16 computer-mediated debates on SSIs in high school in different disciplines. The software used for the debate has the feature of being text-based and not question-based. Our analysis of the structure of the debates and the argumentation shows that overall pupils successfully tackle the complexity of the debated issues and develop for this a rich argumentation, although these achievements are very dependent on the debated issue and text.

Keywords : Argumentation, Socio-Scientific Issues, Critical Thinking, Computer-mediated debate, Education to citizenship

INTRODUCTION ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Dans l'optique d'une éducation à la citoyenneté, développer l'esprit critique des élèves et leur compréhension des relations entre sciences et société, est devenu un enjeu éducatif majeur (Hazelkorn, 2015). En particulier, pour que les élèves, futurs citoyens, puissent prendre part de façon réflexive et raisonnée à des débats sur des Questions Socio-Scientifiques (QSS), ils doivent acquérir une certaine culture scientifique, notamment en s'initiant à diverses pratiques épistémiques propres aux sciences. Parmi ces pratiques épistémiques, l'argumentation, dont le rôle a longtemps été minimisé dans l'enseignement des sciences, joue un rôle essentiel dans la constitution et la validation des connaissances (Soler *et al.*, 2014, Duschl, 2007, Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007). Ainsi, les élèves doivent développer des compétences leur permettant d'évaluer et de produire des arguments relevant des sciences, mais aussi, dans le cas des QSS, relevant d'autres domaines (ex : environnemental, social, économique...) et pouvant véhiculer des valeurs. En d'autres termes, il s'agit pour eux de saisir la complexité des QSS (Sadler & Zeidler, 2005), c'est-à-dire la multiplicité des domaines de connaissances et valeurs mises en jeu dans le traitement des QSS et leur articulation (Morin *et al.*, 2017). Enfin, les élèves doivent comprendre que les débats sur des QSS sont ouverts (Habermas, 2003) et que ces questions mettent en jeu des connaissances marquées par des incertitudes (Kampourakis, 2018).

Selon plusieurs études, le développement des compétences argumentatives est favorisé d'une part, par la pratique du débat (Kuhn *et al.*, 2016) et d'autre part, par un travail réflexif des élèves sur leur argumentation (Schwarz & Baker, 2017). À cet égard, les QSS constituent un objet d'argumentation propice (Simonneaux, 2007 ; Gausse, 2016) et débattre sur des QSS peut aider les élèves à appréhender la complexité de ces questions (Morin *et al.*, 2017).

Par ailleurs, le développement des compétences argumentatives des élèves est fortement dépendant de la séquence d'enseignement mise en œuvre (Schwarz & Baker, 2017). À cet égard, plusieurs études ont mis en avant les usages possibles du numérique pour penser des dispositifs visant à développer les compétences argumentatives des élèves (Clark *et al.*, 2007 ; Schwarz & Baker, 2017). Les plateformes numériques de débat offrent en effet, un nouveau champ de possibles pour les débats en classe, notamment en permettant à tous les élèves de participer simultanément au débat sur la plateforme, là où un débat oral impose des « tours de parole ». De plus, elles permettent de disposer d'une trace écrite des échanges, permettant un travail réflexif des élèves sur les arguments produits. Dans le cadre de notre recherche, nous questionnons l'intérêt des débats numériques sur des QSS pour permettre aux élèves de développer leurs compétences argumentatives et leur esprit critique. Nous avons choisi une plateforme numérique ayant pour spécificité de faire débattre les élèves à partir d'un texte et non d'une question prédéfinie. Ainsi, nos questions de recherche peuvent être formulées de la manière suivante : quels peuvent être les apports d'une séquence didactique centrée sur un débat numérique basé sur un texte pour aider les élèves à évaluer et à produire des arguments sur des QSS ? Quels en sont les apports pour aider les élèves à appréhender les caractéristiques de complexité, d'ouverture et d'incertitude des QSS ?

METHODOLOGIE

Suivant une méthode de Design Experiment (Cobb *et al.*, 2003), nous avons développé et mis en place une séquence didactique par un travail collaboratif, impliquant 5 chercheurs et 8 enseignants. Cette séquence est constituée de 3 phases : tout d'abord, les enseignants présentent

aux élèves des éléments de contenu sur la QSS qui va être débattue, puis ces derniers participent à un débat numérique basé sur un texte abordant cette QSS. Ce texte est le plus souvent un extrait d'article issu de la presse généraliste et vise à proposer différents arguments et points de vue que les élèves peuvent mettre en débat. Enfin, les élèves opèrent une analyse réflexive des arguments produits lors du débat (synthèse réflexive). Dans cette communication, nous présentons les résultats de la seconde itération de l'expérimentation.

La séquence didactique a été mise en œuvre deux fois dans chaque classe durant l'année scolaire, dans 8 classes de lycée, deux classes pour chacune des disciplines suivantes : Sciences Physiques et Chimiques (SPC), Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), Géographie et Philosophie. 8 QSS différentes, portant sur des thèmes variés (par exemple, les textiles innovants, la transition énergétique ou l'éthique animale) en lien avec les programmes officiels, ont ainsi été débattues par les élèves.

Nous avons analysé 16 débats sur 28, la plupart d'entre eux étant mis en place en demi-groupes. Ces débats ont impliqué 111 élèves, ayant produit 1251 interventions. Nous avons analysé, à l'échelle microscopique, la qualité de l'argumentation à l'aide d'une grille d'analyse originale, prenant en compte les aspects produits et processus de l'argumentation, ainsi que ses dimensions inter- et intra-personnelles (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007). Cette grille est basée sur la notion de « mouvement argumentatif », qui renvoie à la fonction dialogique d'un argument dans l'argumentation, comme le développement, la concession, la nuance, la réfutation de la thèse et de la justification ou le questionnement. Pour chacun de ces mouvements, nous avons en outre étudié si celui-ci était justifié par l'élève, ainsi que la qualité de cette justification : pertinence, prise en compte des incertitudes, de l'ouverture ou du domaine de validité et nous avons identifié les domaines de la QSS mobilisés. En appui sur la littérature (Simonneaux & Simonneaux, 2011), nous avons distingué huit domaines : Scientifique, Technique, Économique, Social, Politique, Environnemental, Sanitaire et Axiologique. Ces domaines se recoupent partiellement avec des disciplines académiques (e.g. SVT, SPC et Technologie pour les domaines Technique et Scientifique, Sciences Économiques et Sociales et Histoire-Géographie pour les domaines Économique, Social et Politique) ou avec des « éducations à » (la santé et l'environnement) transdisciplinaires. Par exemple, au sein d'un débat portant sur le thème des textiles innovants, nous avons analysé l'intervention suivante :

Cette veste [composée d'un textile constitué de fibres de céramique émettant des rayons infrarouges] nous réchauffe, nous permet d'avoir un meilleur équilibre... Mais si ce n'est pas à cause des rayons infrarouges, c'est peut-être à cause des substances contenues dans la veste que l'entreprise ne souhaite pas nous divulguer. Ces substances pourraient avoir des propriétés antifongiques, la veste pourrait contenir du phalphate... Toutes ces substances sont néfastes pour la santé.

Selon notre grille d'analyse, cette intervention a été considérée, du point de vue des mouvements argumentatifs, comme comprenant une concession justifiée (première phrase de l'intervention) et une nuance justifiée (suite de l'intervention). Cette intervention ne comporte pas de réfutation, ni de développement. Au niveau des justifications, nous avons considéré « peut-être » comme un domaine de validité attribué à l'intervention, sous forme d'une modalisation du discours. Nous avons également considéré que l'intervention prend en compte, dans une certaine mesure, les incertitudes relatives à la question (« ces substances pourraient »). Bien

que le terme « phalphate » soit incorrect, nous avons considéré la justification comme pertinente (au sens où l’hypothèse n’est pas manifestement erronée). Enfin, nous avons codé cette intervention comme renvoyant aux domaines Technique (usage et fonctionnement d’un objet technique) et Sanitaire (risques pour la santé des utilisateurs).

Nous avons en outre mis en œuvre une analyse macroscopique de la structure des débats, prenant en compte les domaines de la QSS mobilisés par les élèves (Figure 1). Cette analyse se base notamment, sur la longueur des différentes « branches » d’argumentation au sein des débats, c’est-à-dire sur le nombre d’arguments produits à la suite, à partir d’une réaction au texte support et s’enchaînant de façon linéaire. Suite à cette macro-analyse, nous avons distingué différents profils de débats. Enfin, des pré- et post-tests ont également été administrés aux élèves, respectivement avant la phase de débat et après la phase de synthèse réflexive : les élèves devaient indiquer sur une échelle s’ils étaient d’accord ou non avec une assertion donnée relative à la QSS, débattue lors de la séquence, et argumenter leur choix. L’argumentation produite dans ce cadre a été analysée avec une version adaptée de la grille de micro-analyse. Les élèves devaient en outre, indiquer en quelle mesure ils comprenaient qu’on puisse avoir un avis différent du leur sur le sujet et justifier pourquoi.

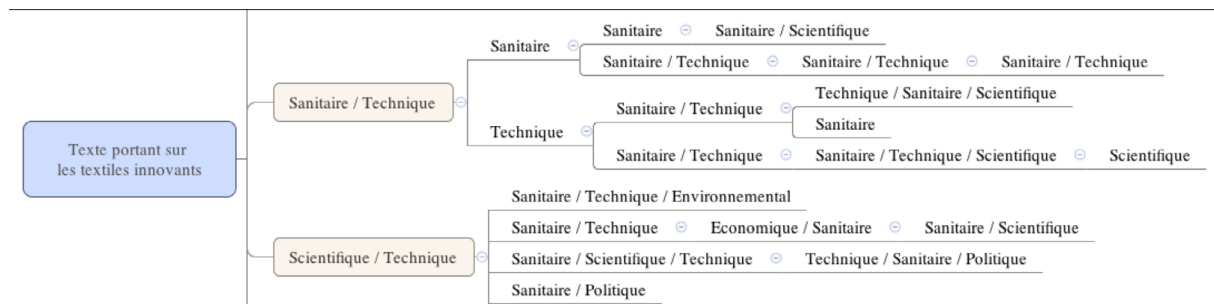


Figure 1. : Extrait d’une structure de débat montrant les domaines de la QSS abordés dans les interventions

RESULTATS

Notre micro-analyse de la qualité de l’argumentation déployée par les élèves indique que, dans l’ensemble, l’argumentation produite est riche en termes de mouvements argumentatifs : développements (33,3 % des interventions, parmi lesquels 67,4 % sont justifiés), concessions (15,9 % / justifiées 19,6 %), nuances (23,7 % / justifiées 57,1 %), réfutations de la thèse (19,3 % / justifiées 75,1 %), réfutations de la justification (13,2 % / justifiées 71,5 %), et questionnements (8,7 % / justifiés 37,4 %). Ces valeurs moyennes masquent cependant une grande variabilité selon la QSS débattue : par exemple, les pourcentages de développements peuvent varier de 25,4 % à 52,9 % et ceux des réfutations de la justification de 5,1 % à 24,7 %.

Concernant l’appréhension par les élèves de la complexité de la QSS, nous avons notamment étudié les domaines de la QSS mobilisés au sein de chaque débat. Nous avons comptabilisé ceux qui l’étaient dans plus de 10 % des interventions : sur les 16 débats analysés, 3 débats ont mobilisé seulement 2 domaines, alors que 13 débats ont mobilisé au moins 3 domaines (3 domaines : 4 débats ; 4 domaines : 7 débats ; 5 domaines : 3 débats ; 6 domaines : 3 débats). À nouveau, les dimensions de la QSS abordées par les élèves et leur nombre varient considérablement selon la QSS débattue. Concernant l’appréhension par les élèves de l’ouverture et de l’incertitude des questions traitées, les interventions des élèves ont témoigné d’une prise en compte de ces éléments dans 9,1 % des cas.

Dans l'ensemble, du fait des spécificités de la plateforme numérique choisie (débat sur un texte), la structure des débats apparaît arborescente, comme indiqué en Figure 1 ci-dessus. L'analyse de la structure des débats indique que les élèves développent leur argumentation à partir de multiples éléments du texte, quel que soit le débat. Différents profils de débat peuvent néanmoins être distingués qui renvoient à différentes façons qu'ont les élèves d'appréhender la QSS ou les différentes structures d'ensemble des débats. Par exemple, certains débats sont caractérisés par une grande proportion de branches de longueur 1 (c'est-à-dire des interventions sur le texte sans réponse d'un pair) et une faible proportion de branches de longueur 3 ou plus, alors que cette proportion peut être inversée dans d'autres débats. En outre, les élèves ne s'enferment pas dans un seul domaine, mais mobilisent simultanément plusieurs domaines, au sein d'une branche ou d'une même intervention. De fait, chaque branche d'argumentation est caractérisée par sa propre dynamique d'exploration de la complexité de la QSS débattue et de nouveaux domaines peuvent émerger dans des branches ne les contenant pas initialement (voir par exemple la Figure 1).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les débats numériques sur la plateforme étudiée sont ainsi caractérisés par une structure arborescente, avec de nombreux points de départ provenant du texte et plusieurs dimensions de la QSS abordées. Dans les différentes branches de débat, les élèves développent une grande variété de mouvements argumentatifs et de justifications. Ils dépassent ainsi un traitement binaire de la QSS (pour ou contre) pour développer individuellement et collectivement une argumentation complexe sur la question débattue, en abordant les nombreux domaines de la QSS (Morin *et al.*, 2017). Deux éléments centraux de la séquence didactique élaborée semblent être à l'origine de ces performances : tout d'abord, le débat numérique qui permet aux élèves d'intervenir simultanément et en parallèle et de mener une analyse réflexive des arguments produits ; ensuite, le texte comme point de départ du débat, qui offre aux élèves la liberté de saisir et de faire émerger des questions qui font sens pour eux et peut ainsi favoriser la problématisation du débat (au sens de Schwarz & Baker, 2017).

Il ressort également de notre étude une grande dépendance de la qualité de l'argumentation au contexte du débat et en particulier, à la QSS et au texte débattus. Cela s'accorde avec la littérature déjà existante (Simonneaux & Simonneaux, 2011). Cette variabilité peut notamment être liée au texte : la liberté laissée aux élèves leur permet, en effet, de traiter des aspects du texte différents selon leurs intérêts propres, leur parcours, etc., ce qui peut expliquer la grande variabilité des débats. Il est cependant à noter que la discipline dans laquelle a lieu le débat (SVT, SPC, Géographie ou Philosophie) n'apparaît pas comme un facteur déterminant de la qualité de l'argumentation ou des domaines des QSS explorées par les élèves. L'argumentation sur des QSS apparaît ainsi comme une pratique transverse.

Néanmoins, nous ne pouvons pas mettre en évidence d'évolution de la qualité de l'argumentation déployée par les élèves entre les deux itérations de la séquence didactique. Cela ne signifie pas nécessairement qu'il n'y a pas eu de développement des compétences des élèves à évaluer et à produire des arguments de façon critique ; ces évolutions pouvant être trop ténues pour être mesurées, au vu de la variabilité de la qualité de l'argumentation en fonction de la QSS et du texte débattus. Comme le pointent d'autres recherches dans la littérature (Kuhn *et al.*, 2016, Iordanou *et al.*, 2019), cela peut s'expliquer par le fait que ces compétences argumentatives évoluent sur le long terme et qu'une telle évolution nécessite de nombreuses opportunités

de pratiquer l'argumentation et de multiples temps de travail réflexif sur l'argumentation produite. Cela souligne l'intérêt de fournir aux élèves des opportunités multiples pour analyser et produire des arguments, dans le cadre de débats sur des QSS. Par ailleurs, l'absence de mise en évidence d'une évolution des compétences argumentatives des élèves, nous conduit à proposer des affinements de la séquence didactique que nous avons élaborée. Nous allons ainsi construire une progression de quatre séquences sur deux ans, avec des synthèses plus ciblées sur des éléments spécifiques de la qualité de l'argumentation : l'importance de la justification et de la prise en compte d'autrui dans l'argumentation ; la prise en compte de la complexité et de l'ouverture de la QSS. Cette progression présente une plus grande cohérence entre phases de pratique argumentative et phases réflexives. Cette expérimentation est actuellement en cours d'implémentation dans les classes.

BIBLIOGRAPHIE

- Clark, D. B., Stegmann, K., Weinberger, A., Menekse, M. & Erkens, G. (2007). Technology-Enhanced Learning Environments to Support Students' Argumentation. In S. Erduran & M. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education*. Dordrecht: Springer. pp. 217-243
- Cobb, P., Confrey, J., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Duschl, R. A. (2007). Quality Argumentation and Epistemic Criteria. In S. Erduran & M. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education*. Dordrecht : Springer. pp. 159-175
- Gausse, M. (2016). Développer l'esprit critique par l'argumentation : de l'élève au citoyen. *Dossiers de veille de l'IFÉ*, 108.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C., Deca, L., Grangeat, M., . . . Welzel-Breuer, M. (2015). *Science Education for Responsible Citizenship. Report to the European Commission of the expert group on science education*. European Union.
- Habermas, J. (2001 [1999]). *Vérité et justification* (tr. fr.). Paris : Gallimard.
- Iordanou, K., Kuhn, D., Matos, F., Shi, Y. & Hemberger, L. (2019). Learning by arguing. *Learning and Instruction*, 63.
- Jiménez-Aleixandre, M.-P. & Erduran, S. (2007). Argumentation in Science Education: An Overview. In S. Erduran & M. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education*. Dordrecht: Springer, pp. 3-27.
- Kampourakis, K. (2018). Science and Uncertainty. *Science & Education*, 27(9-10), 829-830.
- Kuhn, D., Hemberger, L. & Khait, V. (2016). *Argue with me. Argument as a Path to Developing Students' Thinking and Writing*. New York and Oxon: Routledge.
- Morin, O., Simonneaux, L. & Tytler, R. (2017). Engaging With Socially Acute Questions: Development and Validation of an Interactional Reasoning Framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(7), 825-851.
- Sadler, T. D. & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of Informal Reasoning in the Context of Socioscientific Decision Making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.
- Schwarz, B. & Baker, M. (2017). *Argumentation, Dialogue and Education: History, Theory and Practice*. New York: Cambridge University Press.

- Simonneaux, L. (2007). Argumentation in Socio-Scientific Contexts. In S. Erduran & M. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education*. Dordrecht: Springer. pp. 179-199
- Simonneaux, L. & Simonneaux, J. (2011). Argumentations d'étudiants sur des Questions Socialement Vives environnementales. *Formation et pratiques d'enseignants en question*, *13*, 157-178.
- Soler, L., Zwart, S., Lynch, M. & Israel-Jost, V. (eds.) (2014). *Science after the Practice Turn in the Philosophy, History, and Social Studies of Science*. New York and Oxon: Routledge.

LES ANALYSES LANGAGIÈRES AU SERVICE DE L'ÉTUDE DES TÂCHES COMPLEXES : QUELS APPRENTISSAGES ? QUELLES PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT ?

LA RELATION MÈRE-FŒTUS VIA LE PLACENTA ET HYGIÈNE DE LA GROSSESSE EN CLASSE DE 4E

Feydel, Pierre¹, Schneeberger, Patricia¹

(1) Laboratoire d'épistémologie et de didactiques des disciplines de Bordeaux (Lab-E3D, EA 7441), Université de Bordeaux - France

Résumé : Notre recherche vise à rendre compte du processus d'acculturation scientifique d'élèves engagés dans un travail de groupe lors d'une « tâche complexe » en SVT. Nous mobiliserons des outils d'analyse du langage et du travail enseignant. Ces analyses nous permettent d'avoir des indications sur la construction des objets de savoir et sur le positionnement énonciatifs des élèves, traces permettant d'éclairer le processus d'acculturation aux sciences. À cela, nous tâcherons de montrer ce qui pèse sur les choix que fait l'enseignante et les conséquences possibles sur les apprentissages des élèves.

Mots-clés : tâche complexe, acculturation aux sciences, activité langagière, travail enseignant

LANGUAGE ANALYSES USED FOR A « COMPLEX TASK » STUDY : WHICH LEARNING ? WHICH TEACHING SKILLS ?

MOTHER-FŒTUS RELATIONSHIP VIA THE PLACENTA AND PREGNANCY HYGIENE IN A CLASS OF 4E

Abstract : Our research aims to study the process of scientific acculturation of students engaged in a group work during a «complex task» in BES. We will mobilize tools for language analysis and teaching work. These analyses allow us to get indications on the construction of objects of knowledge and the enonciative positioning of pupils, traces allowing to enlighten the process of acculturation to the sciences. To this, we will try to show what weighs on the choices made by the teacher and the possible consequences on the students learning.

Keywords : complex task, science acculturation, literacy, science teaching

INTRODUCTION

La mise en œuvre des « tâches complexes » en classe de SVT a pour origine une volonté de l'institution scolaire d'engager une évolution des pratiques d'enseignement. Cette volonté s'est traduite par la publication d'un vade-mecum « culture scientifique et technologique » publié en 2009 (MEN, 2009) qui s'appuie sur les résultats des enquêtes du programme international PISA¹ de l'OCDE² (2006) mettant en évidence que les élèves français réussissent mieux des tâches simples que complexes (MEN, 2009, p.3). Notre recherche s'intéresse à l'impact d'une nouvelle commande institutionnelle sur les pratiques enseignantes et les apprentissages des élèves. Nous cherchons à comprendre ce qui se joue en termes d'apprentissages scientifiques chez des élèves engagés dans un travail par « tâche complexe ». Nous proposons d'associer à l'analyse des travaux des élèves que nous ferons, la part du travail enseignant. Cela nous permettra d'approcher au plus près l'impact d'une telle pratique sur les façons d'agir-parler-penser des élèves en classe de sciences. Nous mobiliserons, dans cette contribution, les travaux conduits au sein du Lab-E3D³ qui s'intéressent à observer et analyser l'activité langagière des élèves en classe de sciences (Jaubert & Rebière, 2000; Schneeberger & Rebière, 2013) et aux pratiques des enseignants susceptibles de favoriser les processus d'acculturation aux sciences (Feydel *et al.*, 2017; Grancher *et al.*, 2014). Dans cette contribution, nous décrivons une étude de cas qui a une fonction exploratoire. Nous présentons les premiers résultats obtenus pour les discuter au regard de notre problématique.

CADRE CONCEPTUEL DE L'ÉTUDE : ANALYSE DES PRATIQUES LANGAGIÈRES DES ÉLÈVES ET ANALYSE DU TRAVAIL ENSEIGNANT

Les travaux du Lab-E3D s'inscrivent dans une perspective vygotkienne de l'activité langagière (Vygotski, 1985) et accordent une importance à la relation entre pensée et langage. Comme l'indiquent Jaubert et Rebière (2000, p. 173), le langage (public, privé, oral ou écrit) permet d'accéder à l'activité intellectuelle de l'individu. Le postulat de notre laboratoire pourrait être exprimé ainsi : l'écrit comme l'oral permettent d'avoir accès aux processus apprentissage des élèves et ils participent également à ces processus. Nous mobiliserons principalement la notion de positionnement énonciatif (Jaubert & Rebière, 2011) qui nous permettra d'investiguer les phénomènes linguistiques qui témoignent d'un travail du langage, notamment en utilisant les notions d'ancrage⁴, de sélection de traits pertinents et de dénivellation⁵ qui permettent la « schématisation⁶ » de l'objet de discours (Grize, 1996) ; et d'hétéroglossie⁷ et son orchestration

1 « Programme international pour le suivi des acquis des élèves » en français

2 « Organisation de coopération et de développement économiques » en français

3 Créé en janvier 2016, le Lab-E3D est le laboratoire d'Épistémologie et de Didactiques Des Disciplines de l'Université de Bordeaux et est le fruit de rencontres anciennes entre didacticiens de disciplines variées

4 Ancrage dans le monde scientifique. Nous opposons monde quotidien et monde scientifique en référence à la distinction que fait Vygotsky relativement aux concepts quotidiens, spontanés et scientifiques.

5 Jaubert *et al.* (2004, p. 98) indiquent que « le terme de « dénivellation » (...) désigne les opérations par lesquelles une phase de la « monstration » d'un objet est reprise en sens d'un point de vue englobant.

6 Grize (1996, p. 50) « une représentation discursive orientée vers un destinataire de ce que son auteur conçoit ou imagine d'une certaine réalité »

7 Jaubert (2007, p. 99) indique que le concept d'hétéroglossie « est emprunté à Bakhtine

(Bakhtine, 1984). La notion de positionnement énonciatif part du principe que toute production langagière porte des traces de l'interprétation que fait son locuteur du contexte (Jaubert & Rebière, 2000). Apprendre revient à construire un positionnement énonciatif pertinent pour chaque nouveau contexte (Rebière, 2001). L'adoption d'une position énonciative pertinente correspond à « l'appropriation par un individu des pratiques cognitives, sociales et discursives d'un groupe social donné, dans lequel il peut devenir acteur » (Jaubert & Rebière, 2000). Notre laboratoire accorde également une importance particulière à l'épistémologie et la didactique des sciences, que ce soit pour l'analyse des savoirs et des pratiques de savoir associées, y compris les pratiques langagières. Notre étude porte aussi sur la façon dont les enseignants conçoivent et conduisent leur action en réponse aux injonctions institutionnelles concernant ce dispositif d'enseignement. Pour investiguer le rapport entre le discours des documents officiels et le travail réel des enseignants, nous faisons appel à des outils relevant notamment de la didactique professionnelle (Pastré, 2011) qui s'est développée à partir de l'articulation de la psychologie ergonomique et de la didactique des disciplines. Ce champ donne un rôle important à l'environnement prescriptif.

Ainsi, ce cadre à trois dimensions nous permettra d'éclairer ce qui se joue en termes d'acculturation aux sciences que nous pouvons définir comme étant l'appropriation de savoirs et de pratiques de ces savoirs par les élèves. Nous tâcherons de comprendre ce qui entre en jeu dans le processus d'acculturation aux sciences, lorsque les élèves sont confrontés à une « tâche complexe » en SVT.

QUESTION DE RECHERCHE, RECUEIL DE DONNEES ET CADRE METHODOLOGIQUE

L'étude a été réalisée à partir d'une tâche complexe réalisée et mise en œuvre par une professeure certifiée de SVT dans un collège d'environ 600 élèves (annexe 1). Le recueil de données a été réalisé dans une classe de 4e constituée de 18 élèves présents ce-jour-là, dans le collège Canterane de Castelnau de Médoc. Le groupe de 4 élèves enregistré a été choisi en raison de sa mixité garçons/filles. Les élèves devaient, avant cette séance, regarder une vidéo sur les « échanges mère-enfant » à la maison à partir de l'ENT de l'établissement.

L'analyse de la retranscription du travail de groupe des élèves de 4e (annexe 3), de leur production écrite (annexe 2) et l'analyse des interventions de l'enseignante (annexe 4), ainsi que l'entretien semi-directif avec celle-ci, devraient nous permettre d'accéder au processus d'acculturation aux sciences dans le contexte de la classe. Cela implique de croiser l'étude des pratiques langagières des élèves avec celle des pratiques enseignantes. L'analyse langagière permettra de préciser dans quelle mesure la « tâche complexe » participe à la construction d'une position énonciative adéquate et donc, de savoir dans quelle mesure la « tâche complexe » permet d'assurer le rôle d'acculturation aux sciences. Ainsi, nous cherchons à savoir si la tâche complexe permet de modifier la position énonciative des élèves et dans quelle mesure celle de l'enseignante impacte celle des élèves.

L'entretien semi-directif a été analysé à partir de critères que nous avons empruntés à différents travaux de recherche (Goigoux, ; Pautal, 2014; Piot, 2009 ; Robert & Rogalski, 2002) pour être ensuite redéfinis en termes de dimensions d'analyse de l'activité enseignante. Nous retiendrons

(1978), est à mettre en relation avec la thèse vygotkienne du rôle premier des interactions sociales dans la construction des fonctions supérieures. Il réfère à la présence simultanée, au sein d'un énoncé, d'une pluralité de points de vue, d'une pluralité de voix d'origines contextuelles diverses et à leurs modalités de prise en charge énonciative. »

pour notre étude, notamment les critères suivants : la distinction tâche/activité d'apprentissage et l'adressage de l'activité de l'enseignante. Nous nous intéressons à savoir si l'enseignante pilote la tâche ou l'activité intellectuelle des élèves et à comprendre ce qui pèse sur son activité ; ici l'adressage est retenu car particulièrement retrouvé dans le discours de l'enseignante.

ANALYSE A PRIORI DE LA TACHE

La tâche complexe donnée aux élèves

La consigne donnée aux élèves est formulée ainsi : « Activité : dans le cadre d'une tâche complexe, pratiquer une démarche scientifique pour argumenter la nécessité d'une hygiène de vie durant la grossesse. En utilisant les documents proposés, trouvez quelques arguments qui justifient la nécessité de ce message de prévention (les femmes enceintes ne doivent pas boire d'alcool). Votre réponse doit se présenter sous forme d'un texte et d'un schéma qui montre les substances échangées entre la mère et le futur enfant ».

Le premier document indique, à la fois par un schéma et un texte, que « dans le placenta le sang de la mère et le sang du fœtus ne se mélangent pas mais peuvent échanger des substances ». Le document 2 indique quelques substances avec des quantités entrantes et sortantes du sang du placenta. Le document 3 est intitulé « alcool et tabac ne font pas bon ménage ». La tâche complexe est en annexe (1).

LES SAVOIRS À CONSTRUIRE

Pour réussir la tâche, les élèves doivent construire la notion d'échanges au niveau du placenta. La contrainte « les sangs ne doivent pas se mélanger » est formulée sous forme de donnée. La tâche complexe est orientée sur l'« hygiène de la grossesse » par la formulation de conseils que les élèves doivent donner à une femme enceinte. Les deux obstacles principaux aux apprentissages sont d'envisager la nutrition du fœtus, non pas par un apport direct du sang de la mère au fœtus, mais par un apport au niveau d'une barrière où les sangs ne se mélangent pas et où certaines substances ou microbes passent et d'autres non (notion de filtre).

RESULTATS ET PREMIERS ELEMENTS D'ANALYSE DU PROCESSUS D'ACCULTURATION AUX SCIENCES DES ELEVES

L'analyse quantitative des tours de paroles montre que l'enseignante intervient 9 % du temps, Justine 39 %, Corentin 29 %, Clément 12 %, et Léa 11 %. Les premiers résultats montrent que sur les 4 élèves, 2 seulement font le travail demandé. Clément n'est pas enrôlé dans la tâche et n'intervient qu'une seule fois en rapport avec le sujet « après si une meuf elle boit d'alcool ça fait quoi? ça fait ... beh c'est un risque pour... ». Léa quant à elle est davantage dans la réalisation de la tâche que dans l'activité « je peux prendre elle et faire le schéma dessus là sur un bout de papier et après je la colle ». Léa écrit sous la dictée, Clément perturbe le travail de groupe. L'activité d'apprentissage est donc essentiellement portée par deux élèves : Justine et Corentin. Nous appuyons nos propos sur quelques exemples que nous développerons dans la présentation au colloque.

LE POSITIONNEMENT ÉNONCIATIF DU CÔTÉ DES ÉLÈVES

L'intérêt des analyses langagières que nous pouvons faire repose sur la mise en exergue de

tâtonnements, de petits essais des élèves pour passer du monde quotidien au monde scientifique. Notre travail tend à les mettre en évidence à partir de l'analyse fine des discours.

Il apparaît, à l'issue de nos premières analyses, que les élèves tentent à plusieurs reprises de circonscrire l'objet de savoir à la fois par des opérations de schématisation et de dénivellation. L'exemple suivant illustre une opération de schématisation puis de dénivellation par Justine « après en disant que dans le sang de la mère il rentre euh enfin qui traverse le placenta et qui rentre dans la veine ».

La délimitation de l'objet de savoir (les échanges, la notion de filtre ou de barrière du placenta) est tâtonnante car très régulièrement arrêtée par la nécessité de formuler les « conseils » à la femme enceinte. Les élèves opposent deux points de vue : « c'est le sang qui traverse le placenta » (thèse de Justine) et « c'est les substances qui traversent le placenta » (thèse de Corentin). Les tours de parole montrent l'absence d'argumentation et que c'est Corentin qui finit par imposer son point de vue, Justine s'inclinant. Les élèves tentent de s'appuyer sur des données, de formuler des tentatives d'argumentation mais celles-ci avortent rapidement, soit parce que le travail est coupé par des préoccupations superflues (choix des couleurs pour écrire, Clément qui joue ou siffle), soit par l'intervention de l'enseignante qui se préoccupe de savoir si le travail « avance ». Pour les élèves, toutes les substances passent dans le fœtus à partir du sang de la mère (« le sang de la mère traverse »). Le sang fœtal n'existe pas ou reste une notion floue, tout comme le rôle de filtre du placenta.

Malgré ces constats, l'analyse montre qu'ils font un peu le lien avec les échanges mère-fœtus. Les prescriptions (ne pas boire de l'alcool, ne pas fumer, etc.) sont abordées par les élèves en lien avec la présence de substances nocives (responsables de fausses couches) dans le sang de la mère et non en tant qu'interdits, de croyances.

Les élèves semblent être en difficulté pour tenir l'objectif : ils tentent de comprendre à quoi correspondent ces échanges et sont soucieux de donner des conseils à la femme enceinte. Ainsi, lors de la construction de l'objet de savoir, il y a des tentatives de détachement du monde quotidien pour s'inscrire dans un monde scientifique (malgré le peu d'argumentation, le peu de mise en lien, et la sélection de données scientifiques pertinentes, etc.) avec un retour (forcé) au monde quotidien pour « donner les conseils ».

LE POSITIONNEMENT ÉNONCIATIF DU CÔTÉ DE L'ENSEIGNANTE ET CONSÉQUENCES SUR LES ÉLÈVES

La tâche complexe proposée par l'enseignante montre que les élèves doivent expliquer en quoi la femme enceinte doit faire attention pour son enfant. Il apparaît donc ici que l'enseignante prend une position idéologique sur l'hygiène de la santé. Le point de départ est donc une situation du quotidien (les slogans, les conseils à donner), ce qui peut paraître, à première vue, éloigné de la question des échanges entre la mère et le fœtus.

Nous présentons ici des exemples de catégorisation du discours lorsque l'enseignante intervient dans le travail de groupe. Elle ancre majoritairement son discours à la fois avec des éléments du monde quotidien et du monde scientifique, ces éléments relevant de la schématisation visant à ce que les élèves soient en mesure d'expliquer scientifiquement à la femme enceinte pourquoi il ne faut pas fumer, se droguer, etc. L'exemple suivant illustre une opération de schématisation par reformulation avec ancrage dans le monde quotidien et scientifique : « et lui montrer ce qui est échangé, comment, symboliser tout ça et lui donner des conseils d'hygiène etc. ».

L'analyse des tours de parole de l'enseignante montre que ses interventions dans le travail de groupe visent à faire produire une explication scientifique par les élèves à partir de pratiques issues du monde quotidien (les drogues, le tabac etc.) et la plupart des interventions relèvent de la schématisation avec de nombreuses reformulations visant à définir l'objet du discours. Aucune remarque ne semble initier un travail sur la juxtaposition de deux mondes (l'hétéroglossie), justement peut être en raison du caractère « paradoxal » de la tâche : travailler à partir d'une situation du quotidien et travailler la construction d'un objet de savoir scientifique en parallèle.

Le choix de l'enseignante en début de cours semble également peser dans la difficulté des élèves à circonscrire l'objet de savoir. En effet, elle reprend chronologiquement ce qui a été fait jusqu'à présent (génétique, reproduction, développement) et ne parle pas de nutrition (concept abordé dans la classe précédente en 5e).

L'analyse de l'entretien semi-directif montre ce qui pèse sur ses choix lorsqu'elle met en œuvre une tâche complexe (essentiellement des contraintes institutionnelles, référence à de nombreuses prescriptions via les IA-IPR notamment). Il apparaît qu'elle se soucie des processus d'apprentissage des élèves davantage, sinon autant, de la tâche à réaliser alors que lorsque les élèves travaillent elle pilote presque uniquement la tâche. Il apparaît également que l'enseignante semble contrainte par de nombreuses prescriptions et l'adressage de son activité ressort particulièrement dans l'entretien (nouveaux programmes, injonctions des IA-IPR, faire des tâches complexes, de la classe inversée ...). Ainsi, cette tâche complexe semble être au croisement de plusieurs prescriptions qui pèsent sur les choix de l'enseignante dans la conception de sa tâche complexe mais aussi sur son pilotage (en termes d'apprentissage).

DISCUSSION : L'IMPACT DES PRESCRIPTIONS SUR LE TRAVAIL ENSEIGNANT ET LES CONSEQUENCES SUR LES APPRENTISSAGES DES ELEVES.

La préoccupation de l'enseignante est multiple : elle doit à la fois traiter un sujet de biologie fonctionnelle et l'intégrer dans une éducation à la santé. Elle dispose pour cela des « tâches complexes » et de la « classe inversée », dispositifs pédagogiques à sa disposition et qu'elle associe. Si, sur le plan organisationnel, cela permet de traiter le sujet des échanges mère-fœtus et de l'hygiène de la grossesse, nous pouvons nous interroger sur le plan qualitatif des apprentissages. Dans l'exemple étudié, la construction de l'objet de savoir est « chaotique » et les élèves ne mobilisent ni la fonction de filtre, ni de barrière du placenta. La formulation de la « situation-problème » proposée interroge et ne met pas en avant les obstacles d'apprentissage (filtre/barrière). Malgré tout, les élèves passent d'une vision moralisatrice sur les conseils à donner à une femme enceinte à une vision plus argumentée en termes d'hygiène de la grossesse. Si l'enseignante tente de prendre en compte, pour élaborer sa tâche complexe, de certains aspects des processus d'apprentissage (via les représentations d'élèves de l'école primaire), la mise en œuvre montre une volonté d'orienter les élèves vers « les conseils à donner » et cela semble compromettre le passage chez les élèves du monde quotidien au monde scientifique. L'étayage est davantage orienté sur la réussite de la tâche (la finalité) que sur les apprentissages (notion d'échanges, de filtre, de barrière).

Ce constat est à mettre au regard de la volonté de l'institution de faire travailler les élèves à partir de situation du quotidien et de faire réussir les élèves aux tests PISA. Il en découle proba-

blement un adressage de l'activité enseignante focalisée sur la réussite des tâches complexes plus que sur les processus d'apprentissages (scientifiques), notamment dans les prescriptions primaires, avec l'introduction croissante de situations et d'éléments du quotidien au détriment d'un apprentissage des savoirs scientifiques.

CONCLUSION

Nous nous sommes initialement intéressés au positionnement énonciatif des élèves et nous avons pu mettre en évidence un lien entre celui des élèves et celui de l'enseignante. Il semble que le positionnement énonciatif de l'enseignante a un impact sur celui des élèves et donc sur le processus d'acculturation aux sciences des élèves.

L'étude de cas que nous avons présentée montre que, à lui seul, le dispositif « tâche complexe » ne conduit pas automatiquement à des d'apprentissages scientifiques et par extension il peut éloigner les élèves de moments d'acculturation aux sciences. Si les tâches complexes semblent être un dispositif pratique pour faire travailler les élèves en groupe et faire évoluer les pratiques pédagogiques des enseignants (travail multi-prescrit), il semble que les prescriptions institutionnelles ne mettent pas assez l'accent sur la gestion des apprentissages potentiels (travail sous-prescrit) tout comme les moments de débats scientifiques (Lhoste, 2006; Orange, 2012; Schneeberger & Lhoste, 2012) qui ne sont pas incompatibles avec les « tâches complexes ». Notre étude met aussi en évidence le poids du choix de la situation-problème de départ qui a un impact important sur le processus d'acculturation aux sciences.

Nous envisageons de poursuivre nos analyses pour voir si les tâtonnements des élèves que nous avons observés (à l'échelle d'un groupe d'élèves) permettent la construction d'une communauté discursive scolaire scientifique (Jaubert *et al.*, 2012) et nous souhaitons éclairer la question du positionnement énonciatif enseignant, notamment du point de vue des attentes institutionnelles.

BIBLIOGRAPHIE

- Bakhtine, M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Gallimard.
- Feydel, P., Schneeberger, P. & Lhoste, Y. (2017). Appropriation par des enseignants d'une nouvelle prescription d'enseigner par « tâches complexes » en SVT : analyse de deux pratiques déclarées au collège et lycée général. In I. Kermen (éd.). *Actualité et perspectives des recherches en didactique des sciences et des technologies*. (pp. 99-112). Artois Presses Université.
- Goigoux, R. (2007). Un modèle d'analyse et l'activité des enseignants. *Éducation & didactique*, 1(3), 47-69.
- Grancher, C., Lhoste, Y. & Schneeberger, P. (2014). *Faire entrer les élèves dans une culture scientifique : Mise en évidence de processus d'acculturation scientifique sur le thème du vivant au début de l'école primaire*. ESPE de l'académie d'Aix-Marseille.
- Grize, J.-B. (1996). *Logique naturelle et communication*. PUF.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction de connaissances à l'école : Un exemple en sciences*. Presses universitaires de Bordeaux.
- Jaubert, M. & Rebière, M. (2000). Observer l'activité langagière des élèves en sciences. *Aster*, 31.
- Jaubert, M. & Rebière, M. (2011). Positions énonciatives pour apprendre dans les différentes disciplines scolaires : Une question pour la didactique du français ?

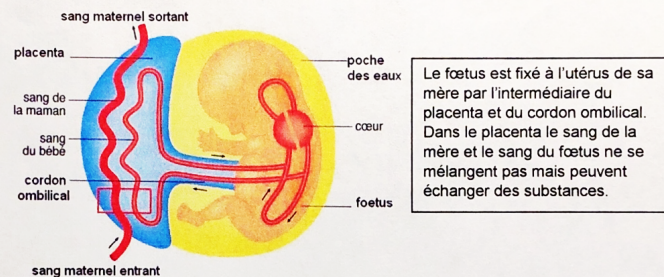
- Pratiques. Linguistique, littérature, didactique*, 149-150, 112-128.
- Jaubert, M., Rebière, M., & Bernié, J.-P. (2004). Significations et développement : Quelles « communautés » ? In C. Moro & R. Rickenmann (Éd.). *Situations éducatives et significations*. De Boeck.
- Jaubert, M., Rebière, M. & Bernié, J.-P. (2012). Communautés discursives disciplinaires scolaires et construction de savoir : L'hypothèse énonciative. *Forumlecture.ch*, 3.
- Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3e : Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster*, 42(42), 189.
- MEN, F. (2009). *Socle commun de connaissances et de compétences (collège) : Culture scientifique et technologique, Vade-mecum*.
http://eduscol.education.fr/technocol/nouveaux_programmes/docs-pour-technologie-et-socle-commun/vade-mecum
- OCDE. (2006). *Le cadre d'évaluation PISA 2006—Compétences en sciences, lecture et mathématiques*.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Louvain-la Neuve : De Boeck.
- Pastré, P. (2011). *La didactique professionnelle : Approche anthropologique du développement chez les adultes*. PUF.
- Pautal, É. (2014). *Didactique des SVT. Analyse de pratiques conjointes*. Presses universitaires de Rennes.
- Pautal, É. & Schneeberger, P. (2013). Analyse de déterminants de l'action de maîtres-formateurs en sciences du vivant Deux études de cas à l'école élémentaire. *Éducation & Didactique*, 7(2), 9-28.
- Piot, T. (2009). Interpréter les prescriptions : Une dimension invisible du travail enseignant. *Spirale*, 43, 215-226.
- Rebière, M. (2001). Une notion venue d'ailleurs... La posture. In J.-P. Bernié (Éd.). *Apprentissage, développement et significations*. Presses universitaires de Bordeaux.
- Robert, A. & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(4), 505-528.
- Schneeberger, P. & Lhoste, Y. (2012). *Analyse comparée de l'activité de deux enseignants du point de vue des dynamiques du débat scientifique*. Université de Caen-Basse-Normandie : IUFM.
- Schneeberger, P. & Rebière, M. (2013). Modification des pratiques et développement professionnel. Le rôle de la mise en texte des savoirs en sciences au lycée. *Éducation & Formation*, e-298-02, 57-72.
- Vygotski, L. S. (1985). *Pensée et langage*. La Dispute.

ANNEXE 1 : LA TACHE COMPLEXE

Activité : « Dans le cadre d'une tâche complexe, pratiquer une démarche scientifique pour argumenter la nécessité d'une hygiène de vie durant la grossesse »



En utilisant les documents proposés, trouvez quelques arguments qui justifient la nécessité de ce message de prévention. Votre réponse doit se présenter sous forme d'un texte et d'un schéma qui montre les substances échangées entre la mère et le futur enfant.



Document 1 : Foetus de 12 semaines dans l'organisme

Substances présentes dans le sang maternel	Quantité de substances dans le sang entrant dans le placenta (pour 100 ml de sang)	Quantité de substances dans le sang sortant du placenta (pour 100 ml de sang)
DIOXYGENE	19 mg	14 mg
DIOXYDE DE CARBONE	50 mg	53 mg
GLUCOSE	100 mg	0.8 mg

Document 2 : Composition du sang maternel au niveau du placenta

Aide méthodologique pour l'exploitation du tableau : Comparez pour chaque substance les valeurs dans le sang entrant et dans le sang sortant du placenta. Si à la sortie du placenta la valeur a diminué, la substance est passée dans le sang du foetus. Si à la sortie du placenta la valeur a augmenté, c'est que le foetus a rejeté cette substance dans le sang de la mère. Mettez bien en évidence à l'aide de flèches le sens de circulation de ces substances sur votre schéma

Lorsqu'une femme enceinte boit un verre, il y a rapidement autant d'alcool dans le sang de son bébé que dans le sien. Effectivement au niveau du placenta, l'alcool dans le sang de la mère passe dans le sang du foetus. Dès lors, une consommation quotidienne d'alcool, même très faible, pendant la grossesse est susceptible d'entraîner des complications comme un retard de croissance du foetus, ou un accouchement prématuré. L'enfant pourra présenter des troubles du comportement, de l'apprentissage, de la mémorisation, de l'attention...

Document 3 : Alcool et tabac ne font pas bon ménage. (Source INPES)

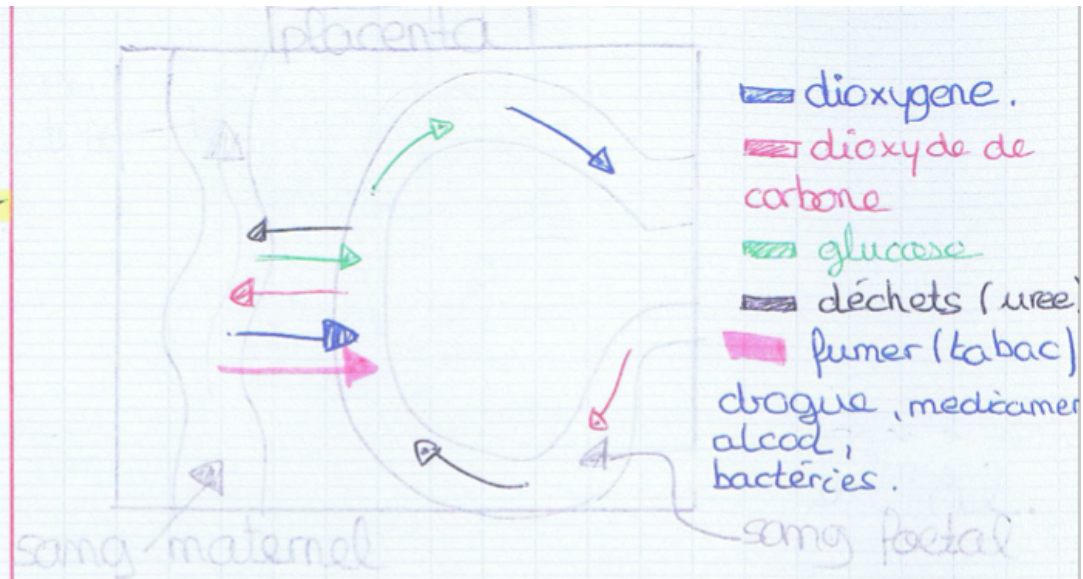
Classe inversée

Afin de préparer la tâche complexe du prochain cours sur l'hygiène de vie au cours de la grossesse, vous devez regarder sur Médiacad la vidéo « échanges mère enfant 2 ».

Vous noterez sur un brouillon que vous pourrez utiliser en classe :

- l'organe principal qui permet d'assurer la croissance du futur enfant.
- quelles sont les substances échangées entre la mère et l'enfant ainsi que le sens de circulation de ces échanges.
- Quelques idées de « codes » pour schématiser les échanges entre la mère et l'enfant.

ANNEXE 2 : LA PRODUCTION ECRITE DES ELEVES



Lors de la grossesse la mère et l'enfant échangent (dioxygène, dioxyde de carbone, glucose, déchets) au niveau du placenta qui joue le rôle d'un filtre, mais il arrive que se filtre puisque laissé passé :- des drogues: qui peuvent provoquer une fausse couche, une mal formation, un accouchement prématuré,

- du tabac:

qui peut provoquer une fausse couche (le risque est triple). Ce risque dépend du nombre de cigarette par jour

- des bactéries,

qui peuvent provoquer des infections comme la toxoplasmose, qui peut causer des malformations sur le fœtus. Pour s'en protéger, il faut être immunisé ou éviter la viande peut être et le contact avec les chat. Les bactéries peuvent aussi provoquer la listériose, qui peut provoquer une fausse couche mais qui se guérit. Pour s'en protéger, il faut

le fromage à pâte molle et surtout au lait cru

- alcool qui peut provoquer des troubles du comportement, de l'apprentissage, de la ~~...~~, mémorisation, de l'attention...

ANNEXE 3 : PRESENTATION DE QUELQUES PASSAGES DE LA PRODUCTION

ORALE DES ÉLÈVES ET ANALYSE

N° tour de parole	Retranscription du travail de groupe des 4 élèves	Analyse en termes d'argumentation	Analyse langagière
128	Corentin: donc tout ce qui est ici ça se transmet par le placenta?	Désaccord Corentin : Les substances traversent le placenta	Dénivellation : identification de substances (molécules dans le sang) et de l'organe
129	Justine : enfin ça...on met euh le le sang de la mère euh euh traverse le placenta	Justine :Le sang de la mère traverse le placenta	Schématisation par reformulation et modification
130	Corentin: au pire tu mets le sang de la mère virgule tout ce qu'il y a dedans traverse le placenta va au ...	+ Mise à distance de la notion de filtre	
131	Justine : traverse le placenta et rentre dans la et rentre dans	Accord sur la destination finale : Rentre dans le fœtus	
132	Corentin: dans le fœtus	Justine rajoute : rentre d'abord dans la veine du cordon ombilical et arrive au fœtus (idée du sang fœtal ? > flou)	Schématisme avec modification (fœtus, veine, cordon)
133	Justine : dans la veine du cordon ombilical et arrive au fœtus		
134	Corentin: va s'y marque ça	Corentin valide	
Intervention de l'enseignante sur l'avancée du travail/timing			
142	Justine : donc le sang on a dit le sang maternel entrant traverse le placenta	Justine reprend son idée de départ Le sang de la mère traverse le placenta	
143	Corentin: non le sang maternel entrant qui contient ...au pire on met les valeurs et les...	Corentin rappelle son idée de départ (les substances)	
144	Léa : qu'est-ce tu veux dire?		
145	Corentin: beh comme ça au moins on aura...utilisé	Sélection des données en fonction du problème/de la tâche	
159	Corentin: le placenta...alors entre		
160	Justine : entre dans la veine euh du euh cordon ombilical	Retour à la veine et au cordon	
161	Corentin: bah non tu mets juste "entre dans le cordon ombilical"	Le nœud du problème : c'est le sang qui passe ou les substances ? et où ?	
162	Justine : ouais mais c'est dans le, c'est toujours avec du sang donc c'est dans la veine...		
163	Corentin: ouais mais là c'est pas marqué qu'y ait des veines	Lexique : veine/cordon/placenta	
164	Justine : oui beh c'est le sang! c'est...ça fait bizarre de marquer "entre dans le sang"	Justine s'incline face à Corentin (absence d'argumentation)	
165	Corentin: mais non "entre dans le cordon ombilical"		
166	Justine : ah bon si tu veux (rires)		
274	Corentin: moui, attend regarde "les drogues traversent ? la barrière ...ils pénètrent ...le système sanguin...le fœtus qui souffrira d'un état de manque à la naissance"	Mise à distance de la notion de barrière	Orchestration de l'hétéroglossie (mise à distance du monde scientifique)
275	Justine : ouais bon c'est bon		
276	Corentin: bon ensuite		

ANNEXE 4 : PRESENTATION DE QUELQUES PASSAGES DES INTERVENTIONS

ORALES DE L'ENSEIGNANTE ET ANALYSE

N° tour de parole	Retranscription du travail de groupe des 4 élèves	Analyse en termes d'argumentation	Analyse langagière
22	Prof: l'idée c'est de bien lui faire comprendre qu'il faut qu'elle soit, eh beh c'est bien pour ça maintenant,	Questionnement/problème	Genre de discours explicatif
24	Prof: ah beh bien sûr! eh beh bien sûr! Lui donner l'ensemble des conseils ...		Schématisation par reformulation Ancrage dans le monde quotidien (conseils)
28	Prof: à vous de voir, il faut que cette patiente quand vous allez la recevoir vous soyez capable déjà scientifiquement de lui parler des échanges , y'en a un dans le groupe qui doit avoir déjà une idée de schéma c'est toi		Ancrage dans le monde scientifique et quotidien (patiente/scientifiquement)
30	Prof: et lui montrer ce qui est échangé , comment, symboliser tout ça et lui donner des conseils d'hygiène etc.	Questionnement/problème	Schématisation par reformulation + Ancrage dans le monde quotidien et scientifique
34	Prof: des conseils , voilà madame dans votre organismes y'a des échanges		Schématisation + Ancrage dans le monde quotidien et scientifique (organisme, échanges)
36	Profs: y'a des échanges entre la mère et l'enfant, expliquez-lui les échanges qui existent, les échanges qui sont positifs à l'enfant mais insister sur les échanges possibles qui eux sont dangereux		Schématisation par reformulation (échanges possibles, positifs)

LES SCIENCES CITOYENNES, DES PROJETS PROMETTEURS POUR LA MISE EN ŒUVRE DE DÉMARCHES D'INVESTIGATION SCIENTIFIQUE À L'ÉCOLE ?

L'EXEMPLE DU PROJET OAK BODYGUARDS

Séverine Perron¹, Patricia Marzin-Janvier², Bastien Castagneyrol³

1 : Université de Genève (UNIGE)

2 : INSPE Bretagne (INSPE) Université Bretagne Occidentale

3 : Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) Université de Bordeaux

Résumé : Depuis quelques années, des projets de sciences citoyennes à destination des élèves, de type « crowdsourcing », se développent (Castagneyrol *et al.*, 2019 ; Bosdeveix *et al.*, 2018). Ces projets semblent prometteurs quant à leurs potentialités d'apprentissages en termes de démarches d'investigation scientifique (DIS) par les élèves (Leuenberger, Larsen, Leuenberger & Parry, 2019). Dans ce contexte, il apparaît nécessaire de questionner ces projets. Nous avons donc mené une étude de type exploratoire qui s'intéresse à un projet de sciences citoyennes, développé par des scientifiques de l'INRA, le projet Oak Bodyguards. Cette étude, qui s'appuie sur des pratiques déclarées de 12 enseignants, a pour objectif d'identifier notamment les finalités éducatives et les interactions entre les différents participants au projet (enseignants, élèves et chercheurs). Les résultats montrent que les visées éducatives principales des enseignants de notre échantillon sont directement en lien avec les DIS. Cependant, comme d'autres recherches l'ont déjà mise en évidence, la construction de savoirs conceptuels ne fait pas partie des objectifs d'apprentissage (Perron, 2018). Par ailleurs, il semble que les enseignants ont été peu demandeurs de contact et essentiellement de façon indirecte (par mail) avec les scientifiques de l'INRA. Nous faisons alors l'hypothèse qu'en développant les compétences professionnelles des enseignants au travers d'une recherche participative, les projets de sciences citoyennes pourraient être propices à la mise en œuvre par les élèves de DIS articulées avec les savoirs conceptuels.

Mots-clés : sciences participatives, démarches d'investigation scientifique, savoirs conceptuels, pratiques d'enseignement

CITIZEN SCIENCE, PROMISING PROJECTS FOR SCIENCE TEACHING AND LEARNING

THE EXAMPLE OF THE OAK BODYGUARDS PROJECT

Abstract : In recent years crowdsourcing citizen science projects for students have been developing (Castagneyrol *et al.*, 2019, Bosdeveix *et al.*, 2018). These projects seem promising in terms of their learning potential in terms of scientific inquiry (DIS) by students (Leuenberger, W., Larsen, E., Leuenberger, J., and Parry, D, 2019). In this context, it appears necessary to question these projects. We therefore conducted an exploratory type of study that focuses on a citizen science project developed by INRA scientists, the Oak Bodyguards project. This study, which is based on the declared practices of 12 teachers, aims to identify in particular the learning objectives of the students and the interactions between the different participants in the project (teacher, students and researchers). The results show that the main educational aims of the teachers in our sample are directly related to the DIS. However, as other research has already shown, the construction of conceptual knowledge is not part of the learning objectives (Perron, 2018). Moreover, it seems that the teachers had little contact and indirectly (by email) with INRA scientists. We then hypothesize that by developing the professional skills of teachers through participatory research, citizen science projects could be conducive to the implementation by students of DIS articulated with conceptual knowledge.

Keywords : participatory sciences, scientific inquiry, conceptual knowledge, teaching practices

Ces dernières années, l'enseignement scientifique et technologique a connu une profonde reconfiguration dans plusieurs pays occidentaux, dont la France. En effet, certains textes institutionnels et scientifiques indiquent que l'éducation scientifique et technologique consiste en la formation d'une relève scientifique et technique, mais qu'elle correspond aussi au développement d'une culture scientifique et technologique pour tous (OCDE, 2007 ; DeBoer, 2000). D'autres textes évoquent l'importance de susciter l'intérêt des élèves envers les sciences, notamment en contextualisant les apprentissages à travers la mise en œuvre de démarches d'investigation scientifique (DIS) et l'étude des enjeux sociétaux associés aux sciences (Eurydice, 2006 ; MEN, 2015 ; Boilevin, 2013 ; Hasni, Lebrun & Lenoir, 2016 ; Hasni & Potvin, 2015). Par ailleurs, dans une société où il semble indispensable de renforcer les liens entre les sciences et la cité, des projets de sciences citoyennes, à destination des élèves, se développent (Castagneyrol *et al.*, 2019 ; Bosdeveix *et al.*, 2018). Ces projets semblent prometteurs quant à leurs potentialités d'apprentissages en termes de DIS par les élèves (Leuenberger, Larsen, Leuenberger, & Parry, 2019). Dans ce contexte, il apparaît nécessaire de questionner ces projets au regard notamment de leurs finalités (pour les scientifiques et pour les enseignants), de leurs mises en œuvre, mais aussi des apprentissages réalisés par les élèves. C'est pourquoi la présente étude a pour objectif d'identifier les visées éducatives et les pratiques déclarées des enseignants lorsqu'ils font participer leurs élèves à un projet de « sciences participatives ». Elle s'appuie sur l'exemple du projet Oak Bodyguards développé et déployé par des chercheurs de l'INRA.

Après avoir évoqué le contexte actuel de l'enseignement-apprentissage des sciences et technologies, et présenté les « sciences participatives », nous explicitons le cadre conceptuel, la méthode de recherche, ainsi que les résultats de notre étude. Des perspectives de recherches sont exposées au sein de la conclusion.

LES FINALITÉS DES SCIENCES À L'ÉCOLE ET LES « SCIENCES PARTICIPATIVES »

Hasni et Bousadra (2016), en réalisant une analyse systématique des publications qui se sont intéressées aux finalités des sciences à l'école, ont montré que, malgré certaines différences, les finalités privilégiées par les auteurs convergent autour de trois principales dimensions : la dimension disciplinaire, la dimension épistémologique et la dimension sociale. La dimension disciplinaire renvoie aux travaux de Schwab (1964) et à ce qu'il a nommé « la structure des disciplines » avec ses deux composantes, la substantive structure et la syntactical structure. La première composante comprend les savoirs conceptuels et la deuxième correspond aux savoirs et aux compétences méthodologiques en lien avec les démarches scientifiques. La dimension épistémologique fait référence aux savoirs sur les savoirs scientifiques. La dimension sociale correspond à la formation des élèves leur permettant de transférer, dans leur vie personnelle et sociale, les savoirs en sciences et sur les sciences qu'ils ont construits.

Cependant, les travaux de recherche actuels montrent notamment que l'articulation par les enseignants des démarches d'investigation scientifiques avec les savoirs conceptuels, ne va pas de soi. (Perron, 2018 ; Marlot & Morge, 2016). Enfin, d'autres travaux mettent en évidence que les pratiques effectives concernant les « éducations à » et notamment les « éducations au développement durable » correspondent soit à une approche utilitariste et comportementaliste, soit à une continuité « environnementaliste » (Barthes, 2017).

Par ailleurs, des projets de « sciences participatives », proposés par des organismes de recherche, se développent notamment en France. La participation de non-scientifiques profes-

sionnels à la production de nouveaux savoirs n'est pas nouvelle, mais elle a connu depuis une quinzaine d'années une évolution importante dans le monde (Houllier, 2016). Houllier définit les sciences participatives « comme les formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs non-scientifiques-professionnels, qu'il s'agisse d'individus ou de groupes, participent de façon active et délibérée » (Houllier, 2016, p. 12). Différents niveaux de participation des citoyens sont observés. À ce titre, certains auteurs ont réalisé des typologies pour tenter de caractériser ces projets de « sciences participatives » selon divers critères et tout particulièrement, la participation des différents acteurs (Houllier, 2016 ; Haklay, 2015 ; Giroux, 2011). Il semble que les projets de « sciences participatives » peuvent apporter à la fois aux sciences et à la société (Wals, Brody, Dillon & Stevenson, 2014). Les résultats des recherches portant sur les projets de « sciences participatives » en lien avec le milieu scolaire, sont mitigés à la fois pour les scientifiques qui proposent ces projets et pour les élèves, au regard de l'apprentissage des sciences. Certains auteurs soulignent que l'impact éducatif et social peut être surestimé (Brossard, Lewenstein & Bonney, 2005) et d'autres études évoquent que la participation des élèves (avec leurs enseignants) à des projets de « sciences participatives », pourrait contribuer à leurs apprentissages scientifiques en termes de savoirs, à la fois de la dimension disciplinaire, épistémologique et sociale (Hecker, Haklay, Bowser, Makuch, Vogel & Bonn, 2018 ; Jenkins, 1999 ; Koomen, Rodriguez, Hoffman, Petersen & Oberhauser, 2018). De plus, ces projets semblent tout particulièrement prometteurs quant à leurs potentialités d'apprentissages en termes de DIS par les élèves (Leuenberger, Larsen, Leuenberger & Parry, 2019).

Dans ce contexte, il apparaît nécessaire de questionner ces projets de « sciences participatives » dans le champ de la didactique des sciences. Quelles sont les visées éducatives de ces projets (pour les enseignants) ? Quelles sont les pratiques des enseignants ? Quels apports pour le développement professionnel des enseignants ?

Nous avons donc réalisé une première étude exploratoire qui porte sur un projet de sciences participatives, développé et déployé par des chercheurs de l'INRA, le projet Oak Bodyguards.

L'EXEMPLE DU PROJET OAK BODYGUARDS

Notre recherche s'appuie sur un cadre de référence qui articule trois construits : les pratiques d'enseignement, les savoirs en sciences et les sciences participatives.

CADRE DE RÉFÉRENCE

Comme certains auteurs (Bru, Altet & Blanchard-Laville, 2004 ; Lenoir & Vanhule, 2006), nous soutenons l'idée que les pratiques d'enseignement sont multidimensionnelles et complexes. Notre étude s'inscrivant dans le domaine de la didactique des sciences, nous nous intéressons aux savoirs en S&T et donc, nous avons besoin d'un cadre qui nous donne l'opportunité d'étudier les pratiques d'enseignement en lien étroit avec les savoirs et particulièrement, les savoirs en S&T. À cet égard, en nous appuyant sur les travaux de plusieurs auteurs (Hasni, 2005 ; Hasni *et al.* 2009 ; Lenoir *et al.*, 2007 ; Hasni, Roy & Dumais, 2016), nous percevons les pratiques d'enseignement à travers différentes dimensions : a) le quoi enseigner, b) le pourquoi enseigner ce qui est enseigné, c) le comment enseigner.

Par ailleurs, nous nous appuyons sur les travaux de Hasni (2005) qui dégage trois principales composantes des savoirs disciplinaires qu'il est nécessaire de considérer pour une éducation scientifique et technologique pour tous les élèves du primaire et du secondaire. Ces compo-

santes sont considérées ici comme un modèle, une manière simplifiée de catégoriser les apprentissages disciplinaires scolaires : 1) les savoirs qui composent la structure disciplinaire (savoirs conceptuels, habiletés, attitudes, démarches scientifiques) ; 2) les savoirs en lien avec les problématiques de la vie hors de l'école (individuelles et sociales) et 3) les savoirs sur les savoirs scientifiques et technologiques (dimension épistémologique). De plus, nous pensons, comme d'autres auteurs, que la construction des savoirs conceptuels peut être vue comme un processus circulaire. Hasni, Belletête et Potvin (2018) insistent sur l'importance de savoirs préalablement acquis par les élèves pour construire un problème et la nécessité d'utiliser une démarche de recherche pour résoudre un problème. La construction de problèmes est indispensable à l'appropriation des savoirs scientifiques et ces derniers sont nécessaires à la construction des problèmes.

Enfin, comme Houllier, nous pensons que les sciences participatives sont « des formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs non-scientifiques-professionnels qu'il s'agisse d'individus ou de groupes participent de façon active et délibérée » (Houllier, 2016, p. 6). Cependant, nous considérons que, bien que les enseignants soient entièrement volontaires, leurs élèves étant dans un cadre scolaire sont eux, plus ou moins contraints de participer. Par conséquent, les élèves ne contribuent pas aux projets de sciences participatives de façon délibérée. Nous formulons donc la définition suivante des sciences participatives quand celles-ci font intervenir des élèves : les sciences participatives, dans un cadre scolaire, sont des formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des élèves, encadrés par leurs enseignants, participent de façon active.

MÉTHODE DE RECHERCHE

Il s'agit d'une première étude, de type exploratoire et de nature descriptive. Elle s'appuie sur les pratiques déclarées des enseignants interrogés.

La population de référence correspond à l'ensemble des enseignants exerçant en France, s'étant inscrits pour participer au projet de sciences participatives durant l'année scolaire 2018-2019, mis en place par des chercheurs de l'INRA (N=18). L'échantillon constitué a posteriori est composé des enseignants volontaires pour participer à notre étude (N=12). Ils sont sollicités par mail pour répondre à un questionnaire en ligne, construit avec le logiciel LimeSurvey. Ce questionnaire est constitué de 56 questions dont 25 questions ouvertes réparties au sein de trois parties : 1) vos caractéristiques personnelles ; 2) le projet Oak Bodyguards et 3) la mise en œuvre du projet Oak Bodyguards en classe.

Les données sont analysées suivant une double approche. Les données provenant des réponses aux questions fermées sont analysées avec le logiciel SPSS avec lequel sont réalisées des statistiques descriptives univariées. Celles issues des réponses aux questions ouvertes sont analysées en utilisant une approche thématique par catégorisation (Bardin, 2007).

UN PROJET DE SCIENCES CITOYENNES

Le projet Oak Bodyguards cherche à déterminer comment le climat influence les dégâts causés par les insectes herbivores sur le chêne pédonculé *Quercus robur*. Le projet a été mené par 27 scientifiques professionnels dans 13 pays, aidés des élèves de 35 établissements scolaires dans 7 pays. Scientifiques professionnels et élèves ont quantifié, la même année et sur les mêmes arbres, les dégâts d'insectes défoliateurs, les défenses chimiques et l'activité des prédateurs sur 153 chênes pédonculés adultes le long d'un double gradient géographique allant du Portugal à la Finlande et de l'Angleterre à la Biélorussie.

Ce projet destiné aux élèves s'intéresse aux interactions entre sciences et société, c'est-à-dire comme explicité précédemment, aux formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des élèves encadrés par leurs enseignants, participent de façon active. Plus particulièrement, il s'inscrit dans un projet de sciences citoyennes (Giroux, 2011). En effet, Oak Bodyguards déployé sur le territoire français par des chercheurs de l'INRA est un projet de crowdsourcing faisant intervenir des élèves au niveau de la captation des données. Les élèves doivent mettre en œuvre un protocole d'observation rigoureux conçu pour eux par les scientifiques.

Les participants au projet sont des enseignantes plutôt expérimentées avec un cursus initial tourné vers les sciences. Dans le même sens, ce sont des enseignantes qui s'intéressent aux démarches scientifiques avec 41,7 % qui ont suivi une formation continue portant sur les DIS. De plus, les enseignantes interrogées exercent de façon majoritaire dans l'enseignement secondaire (75 %) et de façon égale dans un établissement situé en zone urbaine ou rurale. Par ailleurs, il est intéressant de noter que ce projet attire des professionnelles sensibles aux sciences participatives (la moitié ont déjà participé à un projet), mais pas uniquement. Le profil des enseignantes participant au projet Oak Bodyguards est semblable à celui des enseignants inscrits aux différents projets proposés par Vigie nature école (Bosdeveix *et al.*, 2018).

QUELQUES RÉSULTATS : « DES DÉMARCHES D'INVESTIGATION SCIENTIFIQUE »

SANS SAVOIR CONCEPTUEL COMME FINALITÉS ÉDUCATIVES

À travers le questionnaire, les enseignantes ont eu l'occasion de s'exprimer concernant l'importance d'objectifs proposés en lien avec le projet Oak Bodyguards (figure 1). Il est possible d'observer que l'objectif « travailler une démarche scientifique » semble le plus important pour les enseignantes interrogées. En effet, elles déclarent à l'unanimité que c'est un objectif très important ou important. En lien avec les DIS, 9 (sur 10) considèrent que « mettre en œuvre un protocole expérimental » est très important ou important. Cependant, malgré une grande importance donnée aux DIS, seule une des enseignantes interrogées déclare comme très important et 4 (sur 10) comme important le fait de « travailler des notions ». Par ailleurs, « éduquer au développement durable » et « sensibiliser à la biodiversité » paraissent des objectifs importants, voire très importants, pour la majorité des enseignantes (8 sur 10).

Figure 1. : importance donnée par les enseignantes à certains objectifs en lien avec le projet

Lorsqu'il est demandé aux enseignantes ce qu'elles attendent pour leurs élèves du projet de sciences citoyennes de l'INRA, 7 (sur 10) évoquent des éléments en relation avec la composante disciplinaire de l'enseignement des sciences. Cependant, en cohérence avec les résultats précédents, il s'agit uniquement ici des DIS ou d'habiletés en lien avec ces démarches, comme l'utilisation du protocole (tableau 1).

Tableau 1. : finalités éducatives envisagées par les enseignantes

En outre, seules 4 (sur 10) des enseignantes interrogées expliquent désirer que leurs élèves mobilisent des savoirs préalablement acquis lors de la mise en œuvre du projet. Seuls les savoirs composant la structure disciplinaire sont évoqués. La moitié parlent de DIS et de savoirs conceptuels comme « la chaîne alimentaire » ou « les réseaux trophiques ». Dans le même sens, concernant les composantes des DIS, seules 4 enseignantes et uniquement des enseignantes du secondaire, relatent qu'un « problème scientifique » a été formulé pendant les séances consacrées au projet.

Le projet de sciences citoyennes OaK Bodyguards semble propice à la mise en œuvre de démarches d'investigation scientifique. Cependant, les écologues proposent aux enseignants et à leurs élèves uniquement de participer au recueil de données à travers l'utilisation d'un protocole. C'est pourquoi, les enseignants doivent construire une séquence d'enseignement qui permettrait aux élèves de mettre en œuvre une DIS (intégrant le recueil de données), en lien avec le projet OaK Bodyguards.

Nous nous interrogeons alors sur les connaissances des enseignants à propos de ces démarches (Perron, 2018) ?

CONCLUSION : UNE RECHERCHE PARTICIPATIVE POUR FAVORISER L'ARTICULATION DES DIS AVEC LES AUTRES SAVOIRS SCIENTIFIQUES DANS LE CADRE DU PROJET OAK BODYGUARDS ?

En nous appuyant sur ce qui précède, nous pensons qu'il est possible d'envisager les projets de sciences citoyennes comme une collaboration bénéfique, à la fois pour les scientifiques (les données recueillies par les élèves sont exploitables par les chercheurs), pour les enseignants (développement professionnel) et pour les élèves (apprentissages en termes de savoirs, notamment disciplinaires). Nous considérons que les projets de sciences citoyennes peuvent être propices à la mise en œuvre par les élèves de DIS de forme circulaire avec (re)construction de savoirs conceptuels. Cependant, nous présumons que cela nécessite : 1) davantage de relations entre les scientifiques, les enseignants et les élèves par la mise en œuvre d'une collaboration ; 2) des connaissances suffisantes de la part des enseignants, à la fois au niveau disciplinaire (en lien avec le projet), épistémologiques notamment concernant les DIS et professionnelles (didactiques). Par ailleurs, plusieurs recherches ont démontré l'apport des communautés de pratiques sur le développement des compétences professionnelles des enseignants de sciences (Hasni *et al.*, 2009-2014; Marlot, 2010-2013). C'est pourquoi, de façon à améliorer les pratiques des enseignants et l'expérience des élèves en termes de DIS, nous envisageons comme suite à notre étude exploratoire, de réaliser une recherche participative de Design Based Research (DBD) (Amiel & Reeves, 2008). Cette coopération implique des enseignants volontaires (du primaire



et du secondaire) participant au projet OaK Bodyguards, les écologues de l'INRA et des didacticiens des sciences. Ces derniers pourront, notamment, faire le lien entre les enseignants (le monde de l'enseignement) et les scientifiques de l'INRA (le monde où se construisent les savoirs en sciences de la nature) en endossant un rôle de « facilitateurs ». Il s'agira de co-construire

une séquence d'enseignement en lien avec le projet Oak Bodyguards, permettant aux élèves de mettre en œuvre une démarche d'investigation scientifique, articulée avec des savoirs conceptuels. Cette recherche participative pourrait permettre, non seulement l'amélioration des pratiques des enseignants et l'apprentissage des élèves concernant les DIS, mais également le re-

Dimension	Effectif	Extrait des réponses
Disciplinaire	7	« suivre un protocole » ; « faire connaître la démarche scientifique » ; « comprendre la démarche scientifique »
Épistémologique	5	« montrer une partie du travail des scientifiques aux élèves » ; « l'importance de la répétitions des expériences en sciences » ; « travailler avec un chercheur »
Sociale	2	« une sensibilisation aux enjeux liés au réchauffement climatique » ; « participer à la préservation de la planète et de la biodiversité »
Pédagogique	4	« cela m'a permis de développer l'autonomie avec les élèves » ; « le goût de la science » ; « susciter l'intérêt pour les sciences »

cueil de données de meilleure qualité pour les scientifiques de l'INRA (« gagnant-gagnant »).

BIBLIOGRAPHIE

- Bardin, L. (2007). *L'analyse de contenu*. Paris : PUF.
- Barthes, A., Lange, J. M. & Tutiaux-Guillon, N. (2017). *Dictionnaire critique. Des enjeux et concepts des « éducations à »*. Paris : L'Harmattan Editions Distribution.
- Brossard, D., Lewenstein, B. & Bonney, R. (2005). Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project. *Int. J. Sci. Educ*, **27**, 1099–1121.
- Boilevin, J.-M. (2013). *La rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants*. Bruxelles : De Boeck.
- Bosdeveix, R., Crépin-Obert, P., Fortin, C., Leininger-Frézal, C., Regad, L. & Turpin, S. (2018). Étude des pratiques enseignantes déclarées concernant le programme de sciences citoyennes Vigie-Nature École. *RDST*, **18**, 79-102.
- Bru, M., Altet, M. & Blanchard-Laville, C. (2004). À la recherche des processus caractéristiques des pratiques enseignantes dans leurs rapports aux apprentissages. *Revue française de pédagogie*, **148**, 75-87.
- Castagneyrol, B. et al. (2019). Can school children support ecological research? Lessons from the 'Oak Bodyguards' citizen science project. *bioRxiv*, **712638**.
- DeBoer, G. E. (2000). Scientific Literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of research in Science teaching*, **37**(6), 582-601.
- Eurydice (2006). *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. États des lieux des politiques et de la recherche*. Bruxelles : Commission européenne. Direction générale de l'Éducation et de la Culture.
- Giroux, M. 2011. *La participation citoyenne, un outil pour mieux connaître la biodiversité : portrait nord-américain*. Présentation aux Troisièmes Rendez-vous de l'Accord Canada- France, Biodôme de Montréal, 22-26 mars 2011.
- Haklay, M. 2015. *Citizen science and policy: A European perspective*. Washington

- D.C.: The Woodrow Wilson Center/Commons Lab.
- Hasni, A. (2005). La culture scientifique et technologique à l'école : de quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer. In D. Simard et M. Mellouki (Eds.). *L'enseignement profession intellectuelle* (pp. 105-134). Québec : Les presses de l'université de Laval.
- Hasni, A., Bousadra, F., Corriveau, A., Guillemette, C, El Bilani, R & Roy, P. (2009). *Cadre conceptuel et méthodologique pour l'analyse des pratiques d'enseignement en sciences et technologies*. Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences. Université de Sherbrooke.
- Hasni, A. & Potvin, P. (2015). Student's Interest in Science and Technology and Its Relationships with Teaching Methods, Family Context and Self-Efficacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 10(3), 337–366.
- Hasni, A., Roy, P. & Dumais, N. (2016). The Teaching and Learning of Diffusion and Osmosis: What Can We Learn from Analysis of Classroom Practices ? A Case Study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(6), 1507-1531.
- Hasni, A., Belletête, V. & Potvin, P. (2018). *Les démarches d'investigation scientifique. Un outil de réflexion sur les pratiques de classe*. Université de Sherbrooke, CRIJEST-CREAS.
- Hasni, A. & Bousadra, F. (2018). Les démarches d'investigation scientifique dans les classes d'enseignants du secondaire au Québec : défis théoriques et pratiques. In A. Hasni, F. Bousadra et J. Lebeaume (Eds), *Les démarches d'investigation scientifique et de conception technologique : Regards croisés sur les curriculums et les pratiques en France et au Québec*. Montréal : Groupédition Éditeurs.
- Hecker, S., Haklay, M., Bowser, A., Makuch, Z., Vogel, J., & Bonn, A. (2018). *Innovation in open science, society and policymaking the agenda for citizen science. Innovation in Open Science, Society and Policy*. London, UK : UCL Press.
- Houllier, F., & Merilhou-Goudard, J. B. (2016). *Les sciences participatives en France. États des lieux, bonnes pratiques et recommandations*. Rapport de l'INRA (France).
- Jenkins, E. W. (1999). School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education*, 21(7), 703-710.
- Joffredo-Le Brun, S., Morellato, M., Sensevy, G. & Quilio, S. (2018). Cooperative engineering as a joint action. *European Educational Research Journal*, 17(1), 187-208.
- Koomen, M. H., Rodriguez, E., Hoffman, A., Petersen, C. & Oberhauser, K. (2018). Authentic science with citizen science and student-driven science fair projects. *Sci. Educ*, 102, 593-644.
- Lenoir, Y. & Vanhulle, S. (2006). Étudier la pratique enseignante dans toute sa complexité : une exigence pour la recherche et la formation à l'enseignement. In Hasni, A., Lenoir, Y., et Lebeaume, J. (Eds.), *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire dans le contexte des réformes par compétences* (pp. 193-245). Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Lenoir, Y., Maubant, P., Hasni, A., Lebrun, J., Zaid, A., Habboub, E. et al. (2007). *À la recherche d'un cadre conceptuel pour analyser les pratiques d'enseignement. Rapport du CRIE et de la CRCIE n°2*. Sherbrooke : Université de Sherbrooke, Faculté d'éducation.
- Lenoir, Y., Lebrun, J. & Hasni, A. (2016). *Les disciplines scolaires et la vie hors de*

- l'école : le cas des "éducations à" au Québec : éducation à la santé, éducation à l'environnement, éducation à la citoyenneté.* Québec : Groupéditions éditeurs.
- Leuenberger, W., Larsen, E., Leuenberger, J. & Parry, D. (2019). Predation on Plasticine Model Caterpillars: Engaging High School Students Using Field-Based Experiential Learning & the Scientific Process. *The American Biology Teacher*, *81*(5), 334-339.
- Marlot, C. & Morge, L. (dir.) (2016). *L'investigation scientifique et technologique. Comprendre les difficultés de mise en œuvre pour mieux les réduire.* Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Ministère de l'Éducation Nationale (MEN) (2015). *Programme de sciences et technologie du collège.* France : Ministère de l'éducation nationale.
- Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE) (2007). *Les compétences en sciences, un atout pour réussir, V. 1 Analyse des résultats.* Paris : OCDE.
- Perron, S. (2018). *Étude de l'articulation des démarches d'investigation scientifique avec les autres savoirs composant la structure disciplinaire : cas d'enseignants de sciences de la vie et de la Terre exerçant en collège français.* Thèse de doctorat, Université de Bretagne occidentale-Brest, Université de Sherbrooke (Québec, Canada).
- Schwab, J. (1964). Structure of the discipline. In G.W. Ford et L. Pugno (Eds.), *The structure of knowledge and the curriculum* (pp. 6-30). Chicago : Rand McNally et Compagny.
- Wals, A. E. J., Brody, M., Dillon, J. & Stevenson, R. B. (2014). *Convergence Between Science and Environmental Education.* *Science*, *344*, 583-584.

LES VISIONS DE LA FORMATION PORTÉES PAR LES MASTERS MEEF 2 PLC SVT ANALYSE EXPLORATOIRE

Fuchs-Gallezot Magali
EST-DidaScO, Université Paris-Saclay, France

Résumé : Cette contribution se propose de caractériser, par une première approche exploratoire, compréhensive et analytico-descriptive, les programmes de formation des enseignants français de Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), tels qu'ils se donnent à voir dans 24 des 27 maquettes universitaires élaborées lors de la dernière réforme en 2013. La conduite d'une double analyse, discursive (analyse lexicométrique menée par le logiciel ALCESTE) et didactique (analyse qualitative des intitulés et de la structuration des UE/EC), permet de repérer différents types de « mondes lexicaux » et leur proximité ; différents types d'informations données par les intitulés d'UE/EC et de structuration qui rendent possible une première caractérisation de la formations professionnelles proposées.

Mots-clés : formation des enseignants, curriculum, SVT, enseignement supérieur, master MEEF

THE VISIONS OF TEACHER'S TRAINING CARRIED BY THE MASTER MEEF PLC SVT EXPLORATORY ANALYSIS

Abstract : This contribution aims to characterize by a first exploratory, comprehensive and analytical-descriptive approach the training programs of French teachers of Life and Earth Sciences (SVT) as they appear in 24 of the 27 university model developed during the last reform in 2013. Discursive (lexicometric analysis conducted by ALCESTE software) and didactic (qualitative analysis of titles and structure of UE / EC) analysis make it possible to identify different types of "lexical worlds" and their proximity, different types of information given by the headings of EU / EC and structuring which make possible a first characterization of the professional training offered.

Keywords : teacher training, curriculum, SVT, higher education, master MEEF

INTRODUCTION

Les programmes de formation initiale des enseignants de sciences ont fait l'objet de différentes recherches en didactique des sciences portant notamment sur la place de la didactique, les résultats de recherche mobilisés ou mobilisables et sur leur transformation (Robardet, 1998 ; Fillon, 2001 ; N'Dong, 2011 ; Daro, Graftiau, Stouvenakers, Hindryckx, 2018). Plus largement, des recherches ont été conduites sur la place dans les programmes de formation des maîtres au Québec des sciences humaines et sociales (Gauthier & Mellouki, 2004) ou d'une discipline académique particulière, la sociologie de l'éducation (Trottier & Lessard, 2002).

Dans le prolongement de ces travaux, cette contribution se propose de caractériser par une première approche exploratoire, compréhensive et analytico-descriptive, les programmes de formation des enseignants français de Sciences de la Vie et de la Terre (SVT) tels qu'ils se donnent à voir dans les différentes maquettes universitaires élaborées lors de la dernière réforme en 2013. Plus précisément, en nous appuyant sur une analyse d'ensemble de leur structure et des intitulés retenus pour nommer les unités d'enseignement (UE) et leurs éventuels éléments constitutifs (EC), nous souhaitons voir dans quelle mesure une telle analyse permet de caractériser des choix de formation professionnelle.

CONTEXTE D'ÉLABORATION DES MAQUETTES ANALYSÉES

Afin de répondre à l'ambition de refonder une école « juste, exigeante et inclusive », le gouvernement français affirme en 2012 l'importance de rénover les pratiques pédagogiques. La réforme de la formation des enseignants constitue un des leviers de ce projet de rénovation.

L'élaboration des maquettes des masters, mention « Métier de l'Éducation, de l'Enseignement et de la Formation » (MEEF), a été cadrées au niveau national par des préconisations de contenus et de structures (arrêté du 27 août 2013 et CSM, 2013) : articuler les enseignements théoriques et pratiques avec un ou plusieurs stages et des temps d'analyse de pratiques, adosser les contenus au référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation, prendre en compte les programmes d'enseignement, les politiques nationales en matière éducatives, les technologies de l'information et de la communication (TIC), intégrer une langue étrangère et inscrire ces formations dans les cadres disciplinaires et de la recherche (notamment formation par la recherche) constitutifs du diplôme national de master. La formation se veut intégrée et progressive.

Un Comité de Suivi de Master (CSM), accompagnant les équipes des nouvelles Ecoles Supérieures du Professorat et de l'Éducation (ESPE) chargées d'élaborer et de mettre en œuvre les maquettes des masters MEEF, a proposé comme repère pour leur élaboration cinq blocs de formation et les ECTS associés, définissant un équilibre entre les différentes compétences (cf. Annexe 1).

Des processus dynamiques et entremêlés de professionnalisation (vers un praticien réflexif et autonome) et d'universitarisation (intégration de savoirs scientifiques et initiation à la recherche) de la formation enseignante, ainsi que d'unification (homogénéisation des statuts, définition de compétences communes, de contenus communs de formation) de la fonction enseignante, sont repérables depuis les réformes de 1989 et constituent autant d'enjeux de la réforme de 2013 (Lebeaume, 2009 ; Fuchs-Gallezot & Coquidé, 2017).

CADRE THEORIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Des multiples définitions données pour curriculum, émerge l'idée d'une construction intellectuelle qui a le projet d'influer sur les processus d'enseignement apprentissage et qui propose un plan, une organisation (Crahay, Audigier & Dolz, 2006). Le curriculum possède des dimensions systémique (il véhicule des contenus et situations de formation et en propose une mise en forme), temporelle (il inclut une progression des apprentissages) et institutionnelle (il correspond à un construit/préscrit d'une institution qui en assure le contrôle) (Forquin, 2005). Pour l'enseignement supérieur, différentes recherches montrent l'évolution des curriculums de formation vers une orientation professionnalisante, touchant en particulier ceux concernant les formations professionnelles (Barnett, 2001 ; Lemaitre, 2015 ; Trottier *et al.*, 2002). Celle-ci se traduit notamment par :

- des changements dans le champ des savoirs mobilisés : évolution de leur nature (savoirs scientifiques, théoriques et d'action), de leur mise en forme et de leur transmission en fonction des évolutions sociétales, techniques, professionnelles qui se traduit notamment par un élargissement des approches (inclusion dans les formations professionnelles d'un éventail toujours plus large de savoirs scientifiques issus de différentes disciplines, mais aussi de savoirs d'action) ;
- l'inclusion et la valorisation des temps d'acquisition des compétences par l'action, par la mise en situation, notamment professionnelle (par exemple inclusion de stage en milieu professionnel) ;
- la valorisation de compétences fondant des identités professionnelles valorisées par le domaine académique et/ou les employeurs (par exemple, la figure du praticien réflexifs chez les infirmières).

Ces évolutions se traduisent notamment par celles des intitulés d'UE/EC. La référence explicite aux disciplines académiques tend à être remplacée par des intitulés rendant davantage visible leur contribution au développement du futur professionnel et explicitant ainsi la vision de la formation proposée.

D'un point de vue systémique et temporel, les curriculums se caractérisent par une structure qui peut être décrite par les relations de sens qui sont établies explicitement entre les éléments du curriculum (UE/EC/semestre/M1/M2). Posner (1974) distingue, dans un essai de synthèse, trois types de relations des différents éléments de formation (répétition, relation, juxtaposition des contenus, situations correspondant aux différents UE/EC) à caractériser dans deux contextes : un contexte de concurrence temporelle (UE/EC ayant lieu au cours d'un même semestre), un contexte de succession temporelle (UE/EC ayant lieu au cours de semestres ou d'années successifs).

Enfin, les curriculums du supérieur étant élaborés localement, traduisent également par les choix qu'ils manifestent, les dynamiques internes des universités et les visions de la formation professionnelle des acteurs qui y prédominent (Trottier *et al.*, 2002).

Paquay (1994) identifie six paradigmes ou « noyaux de principes et d'hypothèses fondamentaux qui déterminent tel ou tel mode d'approche d'une réalité » (p. 9) qui représentent autant de modalités pour penser la formation des enseignants : le maître instruit, le praticien artisan, le praticien réflexif, la personne, l'acteur social, le technicien. L'annexe 2 propose une caractérisation de ces six paradigmes.

Inscrits dans un projet socio-culturel et politique à la fois cadré nationalement et situé dans les différentes ESPE, les curriculums de formation professionnelle des enseignants véhiculent des visions la formation des enseignants et leur professionnalité. Considérant que les maquettes des masters MEEF sont un des éléments du curriculum contribuant à définir le cursus de formation des enseignants de SVT, nous faisons l'hypothèse qu'elles sont porteuses de visions de la formation (au moins partiellement).

Pour analyser les projets de formation portés par ces maquettes, nous proposons d'adopter, en suivant Fortin (2018), une approche bidimensionnelle des maquettes :

- une approche discursive visant à explorer les éventuelles différences de « mondes lexicaux » portés globalement par les maquettes du corpus de recherche (entre les maquettes de M1 et de M2, des différentes ESPE) ;
- une approche didactique, limitée ici à l'exploration des différents éléments d'enseignement (UE/EC) du point de vue de leur intitulé et de leur structuration au sein des maquettes.

MÉTHODOLOGIE

Le corpus de recherche, détaillé dans l'annexe 3, est constitué de 24 des 27 maquettes de master MEEF SVT proposées par les 30 ESPE de France métropolitaine et d'outre mer. Par ailleurs, si les maquettes sont généralement téléchargeables sur les sites des différentes ESPE, il n'en va pas de même du descriptif des différentes UE/EC. Nous avons donc opté, dans ce premier temps d'analyse exploratoire, pour un corpus limité aux 24 maquettes.

Pour accéder à la dimension discursive et son éventuelle diversité, nous avons choisi d'utiliser le logiciel ALCESTE (2019) qui est un outil d'analyse statistique de données textuelles visant l'étude des lois de distribution du vocabulaire dans un corpus assez volumineux (deux corpus de 24 maquettes : un corpus des UE/EC de M1 et un des UE/EC de M2) et présentant une certaine cohérence (dans ce cas : cohérence thématique et des conditions de production des deux corpus). L'analyse de ces deux corpus par ALCESTE comprend notamment :

- une classification descendante hiérarchique (CDH) qui permet de constituer des classes de mots (formes) regroupées selon leur indépendance (test de chi2) et qui constituent autant de « mondes lexicaux » caractérisables par l'analyse de la cohérence interne du vocabulaire caractéristique de la classe et des différences interclasses ;
- une analyse factorielle des correspondances (AFC) qui permet de donner une représentation graphique des classes et de faciliter l'identification des facteurs séparant ces classes et les modalités de variables (comme les différentes ESPE) qui leur sont associées de façon significative.

Pour accéder à la dimension didactique, nous avons procédé à une première analyse exploratoire qualitative des maquettes visant à caractériser :

- les types d'informations donnés par les intitulés des UE/EC ;
- leur structure en termes de relation de sens (répétition, relation, juxtaposition) des intitulés des UE/EC, au sein d'un semestre et entre les deux années.

Cette analyse étant en cours, quelques premiers résultats sont présentés dans cette contribution.

RÉSULTATS

« Mondes lexicaux » émergent des maquettes de M1 et de M2

Les dendrogrammes issus des CDH réalisées sur les corpus des maquettes de M1 et de M2 font apparaître respectivement :

- pour le corpus M1 (figure 1) : quatre classes séparées en deux groupes majeurs de « mondes lexicaux » :
 - la classe 4 (21.65 % des unités classées) est centrée sur les connaissances du contexte d'exercice du métier et la classe 3 (18.04 %) centrée sur la pratique professionnelle et son analyse ;
 - la classe 1 (33.51 %) les disciplines de référence et l'initiation à la recherche et la classe 2 (26.80 %) l'enseignement des svt, leur didactique et le concours ;
- pour le corpus M2 (figure 2) : sept classes séparées en deux groupes majeurs de « mondes lexicaux » :
 - les classes 4 (19.57 %) et 5 (10.14 %) centrées sur le stage et respectivement sur la pratique professionnelle et son accompagnement (4) et son lien avec le mémoire (5), la classe 2 (17.39 %) centrée sur la pratique de recherche et son accompagnement, et la classe 1 (12.32 %) centrée sur le contexte d'exercice du métier ;
 - la classe 3 (15.22 %) centrée sur l'approfondissement dans les disciplines scientifiques de référence et les classes 6 (13.04 %) et 7 (12.32 %) centrées sur l'enseignement des SVT avec une centration sur l'élaboration de l'enseignement et la maîtrise des outils techniques et théorique pour la classe 6 et l'innovation pour la classe 7.

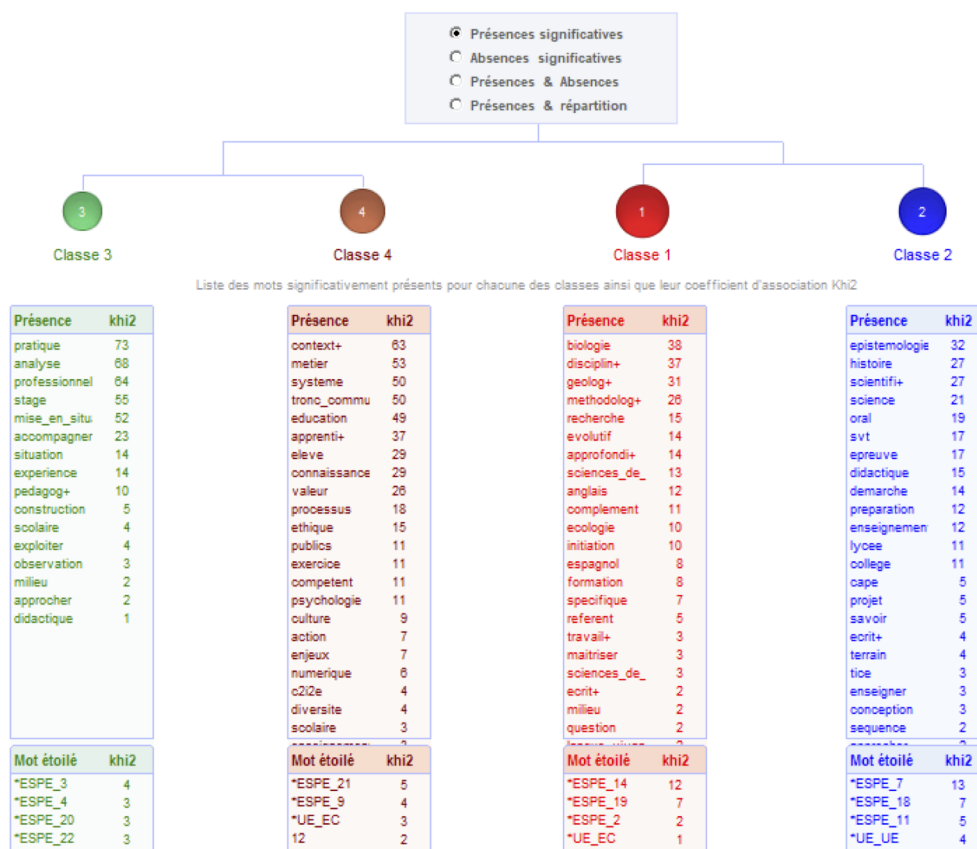


Figure 1. : Caractérisation des classes obtenues à partir de la CDH du corpus des 24 maquettes de M1 (ALCESTE) (74 % des unités classées).

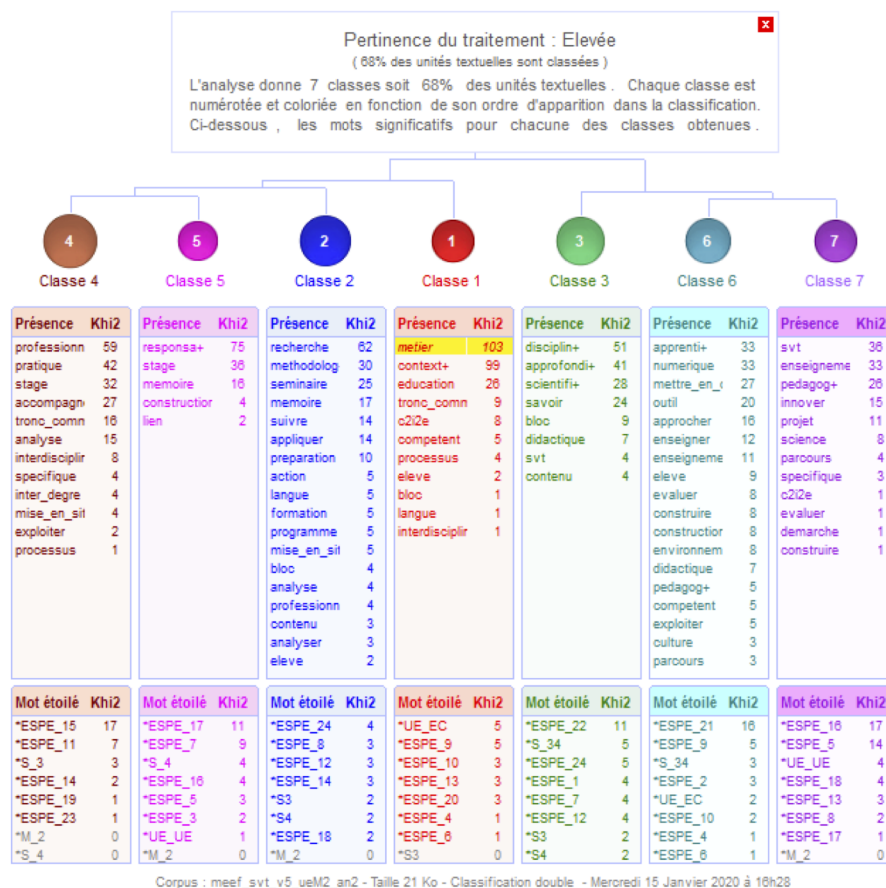


Figure 2. : Caractérisation des classes obtenues à partir de la CDH du corpus des 24 maquettes de M2 (ALCESTE).

L'analyse factorielle de correspondance (AFC) permet de repérer les classes opposées ou coalescentes. L'AFC du corpus des maquettes :

- de M1 (figure 3) montre
 - une opposition de la classe 1 et des classes 3 et 4 sur l'axe 1 qui sépare donc à droite, les compétences spécifiques à l'enseignement des SVT et à gauche, celles communes au métier ;
 - une opposition des classes 1 et 4 et de la classe 3 qui sépare donc en haut, le champs des connaissances/savoirs et en bas, celui des pratiques.
- de M2 (figure 4) montre
 - une opposition entre les classes 5, 4 et 1 et les classes 3 et 7 sur l'axe 1 qui sépare donc à droite, les compétences communes au métier et à gauche, les compétences spécifiques à l'enseignement des SVT
 - une opposition des classes 1 et 6 et les classes 5, 2 sur l'axe 2 qui sépare donc des compétences réflexives et scientifique en haut, et des compétences techniques et théoriques en bas.

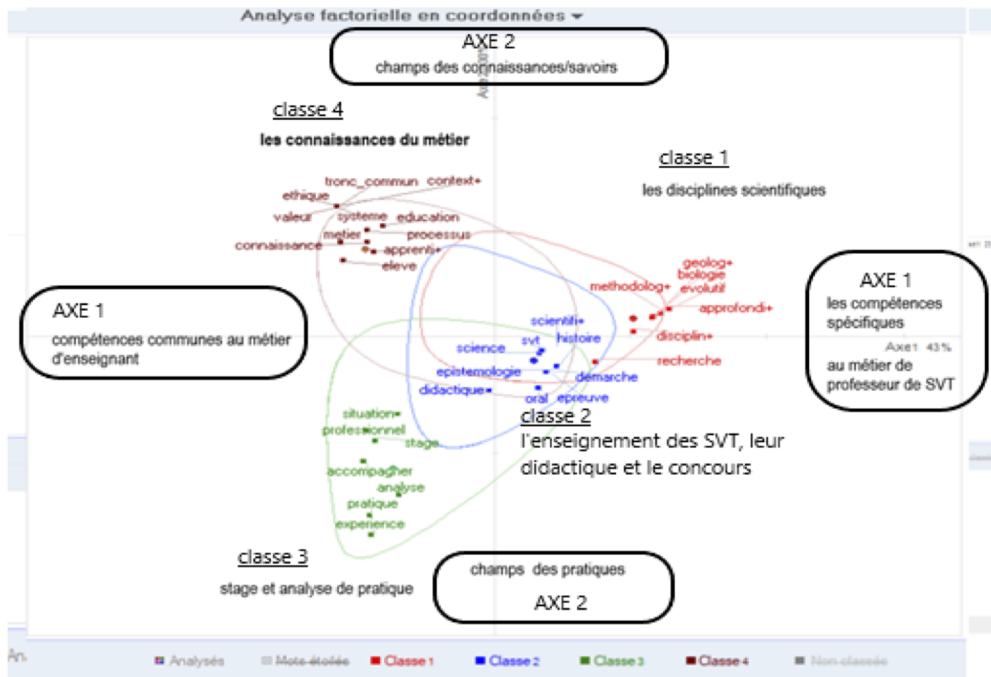


Figure 3. : AFC du corpus de M1 séparant les classes de « mondes lexicaux ».

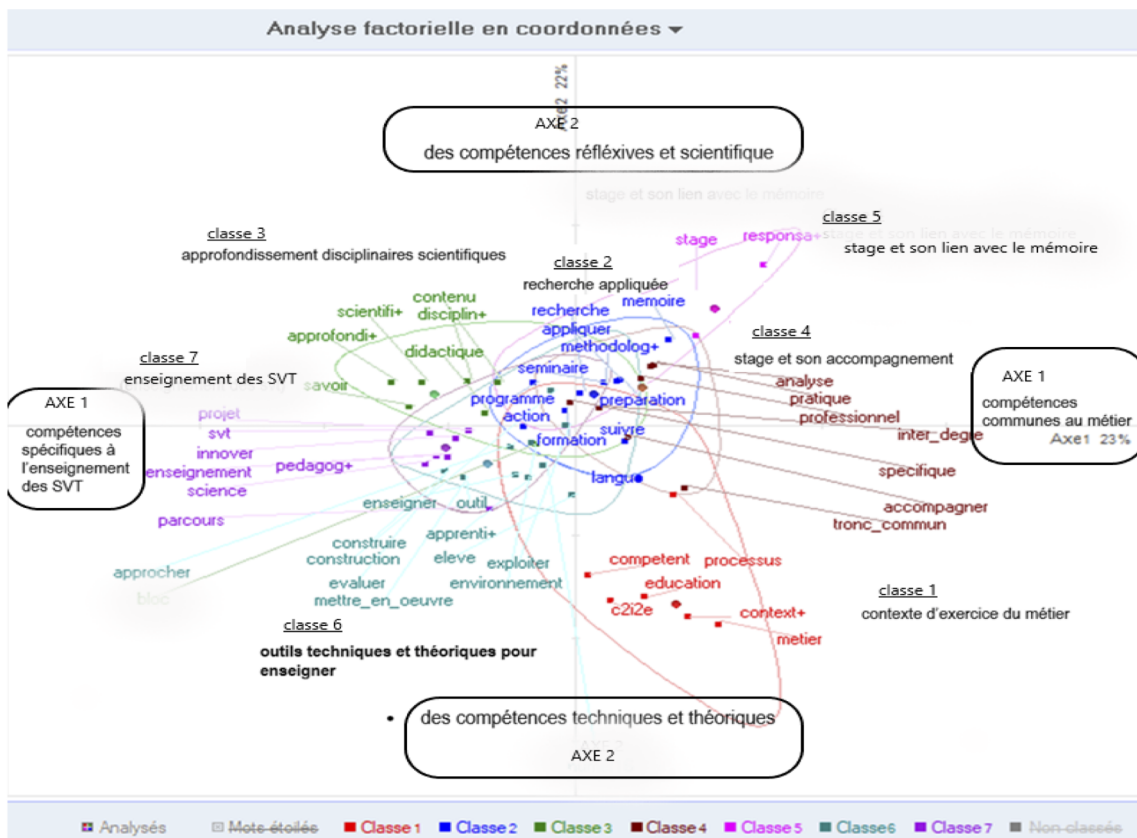


Figure 4. : AFC du corpus de M2 séparant les classes de mondes lexicaux.

Au vu de ces résultats, il semble que se dégagent des points communs et des différences entre les discours véhiculés par les maquettes de M1 et de M2 : dans les deux cas, se distinguent trois grands types de discours, l'un centrés sur les SVT, leurs disciplines de référence, leur didactique

et leur enseignement, un autre sur la connaissance du contexte d'exercice du métier et un troisième sur le stage. Par contre, si la classe centrale présentant une forte proximité lexicale avec toutes les autres classes est en M1 la classe centrée sur l'enseignement des SVT et leur didactique et le concours (2), il s'agit, en M2, de la classe sur la recherche et l'analyse de pratique (2 et 4).

Par ailleurs, l'analyse du positionnement des différentes ESPE dans les AFC de M1 et de M2 (figure 5) montre que si elles sont majoritairement positionnées vers le centre, elles sont associées significativement à différentes classes.

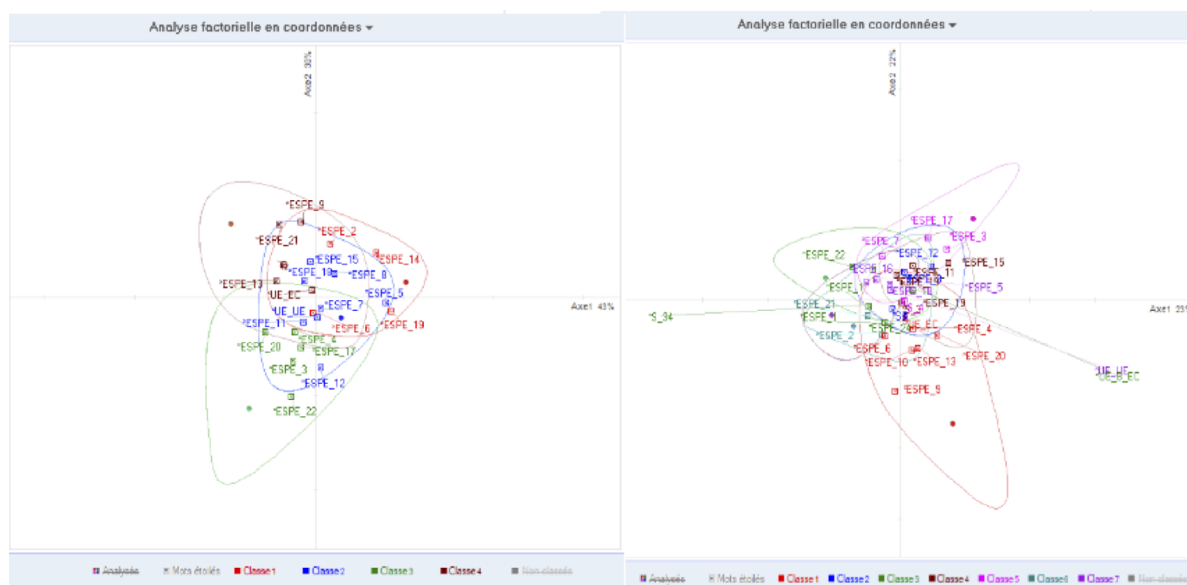


Figure 5. : AFC montrant les associations entre les différentes ESPE et les classes de mondes lexicaux identifiés pour le corpus M1 à gauche et M2 à droite.

INTITULÉS DES ÉLÉMENTS DE FORMATION ET STRUCTURATION DES MAQUETTES

Les 24 maquettes sont structurées en UE. 14 d'entre elles sont structurées en UE et EC. Trois explicitent des thématiques regroupant des UE. Le nombre moyen d'UE par semestre diminue entre le M1 et le M2.

Une première analyse des intitulés des UE/EC, qui reste à confirmer, montre qu'ils donnent des informations relativement hétérogènes sur la formation. Sont présentes des informations sur :

- ce qui va être enseigné (disciplines, thèmes, objets en lien avec la discipline d'enseignement ou le champ éducatifs, problèmes professionnels, types de savoirs, objectifs de formation, compétences travaillées...) ;
- des situations qui vont être vécues (stage, recherche, projet, épreuve de concours);
- des repères de progressivité (initiation, découverte, maîtrise...);
- des modalités de formation (TD, CM, séminaire, atelier...);
- des repères sur les types de formation (professionnelle, disciplinaires, commune...).

Ces informations présentent une certaine variabilité d'une ESPE à l'autre et au cours du master (par exemple la référence à des disciplines académiques diminue fortement en M2, certaines ESPE reprennent quasiment uniquement les blocs institutionnels (ESPE9) quand d'autres explicitent les différents objets, thèmes de formation associés à chaque UE (ESPE6)).

Une première analyse, qui reste à confirmer, de la structuration des 24 maquettes, montre que la majorité d'entre elles sont structurées sur le semestre par des UE juxtaposées (dont les intitulés ne sont pas mis en relation explicitement). Seules certaines maquettes proposent une mise en lien des UE, soit par leur association aux blocs institutionnels, soit à des intitulés supra UE, soit par des intitulés qui se recouvrent partiellement (L'enseignant concepteur (UE1)/ pilote (UE2) de son enseignement et des apprentissage (ESPE 21)) ou qui partage un terme pivot (savoir, formation)).

Le développement de la formation au cours des semestres et des deux années de master est assuré, soit par la répétition des UE (notamment celles en lien avec le bloc 4) et l'évolution des EC associées, soit par la fusion de certains blocs ou de certaines UE (bloc 3 et 5), soit par l'ajout ou la suppression d'UE dont les intitulés sont sans relations explicites avec les UE des semestres précédents ou dont les intitulés sont mis en dialogue (déclinent des champs de formation, des objectifs progressifs (maîtriser les savoirs (S1/S2) => consolider les savoirs disciplinaires (S3/24)).
Visions de la formation

Ces premiers résultats, à la fois sur les mondes lexicaux et sur les intitulés et la structuration des éléments de formation, suggèrent une vision de la formation renvoyée par les maquettes :

- multifacettées : les « mondes lexicaux » et les intitulés d'UE/EC font écho aux paradigmes du maître instruit (disciplines de référence, de SHS, didactique), praticien artisan (stage), technicien (enseignement des SVT, TICE), acteur social (tronc commun, connaissances du contexte d'exercice du métier), praticien réflexif (analyse de pratique, recherche, mémoire) ; la référence à ces différents paradigmes dans les intitulés d'UE/EC est plus ou moins explicite et rendue plus ou moins visible dans la structuration des semestres ;
- progressive : l'évolution des mondes lexicaux du M1 au M2 avec une diminution de la part du pôle maître instruit et technicien vers le praticien réflexif qui se traduit dans les maquettes de M2 par un regroupement ou une suppression des UE se référant explicitement aux disciplines scientifiques du M1 ;
- présentant une certaine hétérogénéité entre les ESPE (association de certaines ESPE à des « mondes lexicaux » différents).

Le paradigme de la personne est quasi absent dans les « mondes lexicaux ». Une maquette structure partiellement la formation de M1 et de M2 en se référant dans ses intitulés à l'enseignant et à son développement professionnel (l'enseignant pilote/concepteur des enseignements et des apprentissages, acteur de la communauté éducative). Les questions de l'identité professionnelle et de la communication sont peu présentes dans les intitulés d'UE ou d'EC.

DISCUSSION

Ces premiers résultats nous semblent montrer que la double analyse, discursive et didactique, d'un corpus de maquettes de formation d'enseignants d'une même discipline permet de repérer différents types de « mondes lexicaux » et leur proximité, différents types de référence/registres pour les intitulés d'UE/EC et de structuration qui rendent possible une première caractérisation des formations professionnelles proposées. Si ce corpus est insuffisant pour une caractérisation précise des différents choix de formation professionnelle opérés par les différentes ESPE, il nous semble néanmoins permettre d'identifier un premier ensemble de repères (types de mondes lexicaux, d'intitulés, de structuration) utiles pour positionner de futurs tra-

vaux sur des programmes de formation précis impliquant un enrichissement et une diversification du corpus de recherche.

Ce type de recherche, visant l'appréhension globale d'un ensemble de programmes de formation, ne va pas sans poser de nombreuses questions et défis méthodologiques. Si elles ne dispensent pas d'une bonne connaissance du corpus et d'analyses manuelles, les analyses lexicométriques réalisées par ALCESTE, en permettant une systématisation de l'analyse indépendante des préoccupations du chercheur, nous semblent pouvoir contribuer de façon pertinente à la caractérisation des grands types de « mondes lexicaux » du corpus et de leur proximité.

Enfin, ces résultats s'inscrivent en cohérence avec les recherches menées sur les curriculums de formation professionnelle de l'enseignement supérieur. En effet, ils montrent la présence d'éléments de formation relevant des connaissances et de l'action, dont les intitulés renvoient peu aux disciplines académiques, mais explicitent la contribution de ces éléments à la formation du futur professionnel. D'un point de vue identitaire, il est intéressant de noter que si en M1 les composantes qui apparaissent centrales sont celles du maître instruit et du technicien, la composante qui apparaît centrale en M2 est celle du praticien réflexif.

BIBLIOGRAPHIE

- Barnett, R., Parry, G., Coate, K. (2001). Conceptualising Curriculum Change. *Teaching in Higher Education*, 6, 4, 435-449.
- Bovill, C. & Woolmer, C. (2019). How conceptualization of curriculum in higher education influence student-staff co-creation in and of the curriculum. *Higher Education*, 78, 407-422.
- Crahay, M., Audigier, F. & Dolz, J. (2006). Introduction. En quoi les curriculums peuvent-ils être objets d'investigation scientifique ? In F. Audigier, M. Crahay, J. Dolz (Eds.), *Curriculum, enseignement et pilotage*, (pp. 7-37). Bruxelles : De Boeck.
- Daro, S., Graftiau, M-C., Stouvenakers, N. & Hindryckx, M-N. (2018). Quelle intégration des écrits de la recherche en didactique des sciences dans la formation des enseignants en Belgique francophone. *RDST*, 17, 73-104.
- Fillon, P. (2001). Des résultats d'une recherche en didactique à la définition et la mise en situation de contenus de formation. *Aster*, 32, 15-39.
- Forquin, J-C. (2005). Discipline scolaire. In P. Champy & C. Eteve (EDS), *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation*, (pp. 234-237). Paris : Retz (3ème édition).
- Fortin, C. (2018). Le statut épistémique du vivant dans les nouveaux curriculums français de la scolarité obligatoire. *RDST*, 18, 35-57.
- Fuchs-Gallezot, M., Coquide, M., (2017). Evolution of the aims of French science teacher training: Tensions of implementation. In J. E. Pedersen, T. Isozaki and T. Hirano (Eds.), *Model Science Teacher Preparation programs : An International Comparison of What Works*. Charlotte : IAP.
- Gauthier, C., Mellouki, M. (2004). Les sciences humaines et sociales dans les programmes de formation des maîtres au Québec : analyse sociohistorique. In C. Lessard, M. Altet, L. Paquay, P. Perrenoud (Eds.), *Entre sens commun et sciences humaines, quels savoirs pour enseigner ?* (pp.31-67). Bruxelles : De Boeck.

- Lebeaume, J. (2009). Ce qu'on appelle «formation universitaire». De l'analyse générale au cas de la formation en technologie. *Recherche et formation*, **60**, 39-50.
- Lemaitre, D. (2015). Comment l'enseignement supérieur discipline-t-il les savoirs aujourd'hui ? l'influence utilitariste sur l'organisation disciplinaire. In A. Gorga & J-P. Leresche (Eds.) *Disciplines académiques en transformation : entre innovation et résistances*. (pp.151-163). Editions des archives contemporaines.
- N'Dong, L. (2011). Didactique des sciences et formation des enseignants de sciences de la vie et de la Terre. *RDST*, **3**, 179-208.
- Paquay, L. (1994). Vers un référentiel des compétences professionnelles de l'enseignant. *Recherche et Formation*, **16**, 7-38.
- Posner, G.J. (1974). The extensiveness of curriculum structure: a conceptual scheme. *Review of educational research*, **44** (4), 401-407.
- Robardet, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique. *Aster*, **26**, 31-58.
- Trottier, C. & Lessard, C. (2002). La place de l'enseignement de la sociologie de l'éducation dans les programmes de formation des enseignants au Québec : Etude de cas inspirée d'une sociologie du curriculum. *Education et sociétés*, **9**, 53-71.
- Arrêté du 27 août 2013 fixant le cadre national des formations dispensées au sein des masters « métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation », JORF n°0200 du 29 août 2013 page 14627 texte n°48.
- Document de travail du comité de suivi de Master (CSM) du 28 février 2013.
- Arrêté du 28 août 2019 modifiant l'arrêté du 27 août 2013, JORF du 7 juillet 2019, texte 32.
- Société Image (2019). Alceste version 2018 Windows. Un logiciel d'analyse de données textuelles.

ANNEXE 1 :

Vision d'ensemble du cadrage préconisé pour la formation des enseignants en 2013 par le gouvernement français.

Contenus/ blocs de contenus préconisés (Comité de suivi de Master (CSM) + arrêté du 29/08/13)		ects associés en	
		M1	M2
Bloc 1 « Disciplinaire » (dont langue étrangère niveau B2)		30	8
Bloc 2 « Didactique » (didactique des disciplines, conception des séquences, épistémologie, histoire des sciences, numérique (usages pédagogiques des TIC))		15	16
Bloc 4 « Contexte d'exercice du métier » Tronc commun de formation portant sur Système éducatif, ses acteurs/ Politiques éducatives Enseignements liés aux principes et à l'éthique du métier (laïcité, lutte contre discriminations, culture égalité homme femme) thèmes d'éducation transversaux, grands sujets sociétaux Connaissances liées au parcours des élèves, approche par compétences, socle commun, spécificité des niveaux d'enseignement, processus d'orientation et d'évaluation des élèves, Processus d'apprentissage des élèves/ Gestes professionnels liés aux situations d'apprentissage (dont conduite classe, Préventions violences, prise en compte de la diversité des publics, différenciation, soutien)		6	6
Pour le M2 : couplage des blocs 3 et 5	Bloc 3 « Recherche » (activité d'initiation à la recherche qui contribue à l'observation et l'analyse des pratiques professionnelles)	6	10
	Bloc 5 « Mise en situation professionnelle » (stage (observation, pratique accompagnée, alternance), analyse de sa pratique, mémoire)	3	+ 20

ANNEXE 2 :

Caractérisation en termes d'objectifs et de stratégies de formation des six paradigmes proposés par Paquay (1994) pour penser la formation des enseignants

L'enseignant est conçu comme	Compétences clés	Stratégies privilégiées
	objectifs prioritaires	en formation initiale
un maître instruit	1a-la maîtrise les contenus à transmettre 1b- connaître les principes de l'enseignement	cours, TP priorité à la théorie puis à son application pratique
un technicien	2a-met en œuvre les techniques apprises 2b-organise des apprentissages et réalise les autres tâches	structure modulaire, ex progressif savoir faire technique de l'enseignement (micro enseignement)
un praticien artisan	3a-qui a du métier (schémas d'action, routines) 3b-qui remplit en contexte les diverses fonctions de l'enseignant	stages accompagnés apprentissage par immersion dans le milieu professionnel sur une longue durée
un praticien réflexif	4a- un professionnel qui analyse ses pratiques (et apprend par réflexion) 4b- un enseignant-chercheur qui produit des outils innovants	études de cas, questionnement des pratiques observées, préparation et exploitation des stages production de projets, de mémoires professionnels
un acteur social	5a- un partenaire engagé dans des projets collectifs au sein de l'établissement 5b- un citoyen lucide quant aux enjeux anthropo sociaux des pratiques quotidiennes	projets collectifs gestion démocratiques des cours séminaires de SHS et formation générales participation à des débats, étude de cas
une personne	6a- qui communique positivement avec autrui 6b- qui est en cheminement de développement personnel	ateliers de communication, aux stages de développement personnel, à l'accompagnement personnalisé

ANNEXE 3 :

Caractérisation du corpus de recherche :

Sur les 30 académies de France métropolitaine et d'Outre-mer, 3 ne proposent pas de master MEEF pour la formation des enseignants de SVT. Les maquettes ont été téléchargées sur les sites des différentes ESPE destinés à l'information des étudiants au cours des années 2018, 2019 et 2020. Pour 3 des 27 ESPE proposant cette formation, l'accès aux maquettes de M1 et de M2 ne s'est pas avéré possible. Le corpus de recherche est donc constitué de 24 maquettes de M1 et de M2.

Académie de	M1	M2	UE	EC	Adresses des sites consultés entre janvier 2019 et janvier 2020
30	27	24	26	7	
Aix-Marseille	1	1	1	1	https://formations.univ-amu.fr/2018-2019/ME5RSD-PRRSD5A1.html
Amiens	1	1	1	1	https://www.u-picardie.fr/medias/fichier/meeef-parcours-svt-2018-2019_1537952416910.pdf
Besançon	1	1	1	1	https://applications.univ-fcomte.fr/WMS/KORFWS/FicheRNC/493
Bordeaux	1	1	1	1	https://www.espe-aquitaine.fr/sites/default/files/Files/Master%20MEEF%20SVT.pdf
Caen	1	1	1	M1	https://uniform.unicaen.fr/catalogue/formation/master/5398-master-metiers-de-l-enseignement-de-l-education-et-de-la-formation-second-degre-parcours-sc-de-la-vie-et-de-la-terre-espe&e=1485355388734
Clermont-Ferrand	1	1	1	1	https://amelys.uca.fr/_odfink/odf_content.pdf?file=programContent://0626bd21-9941-40e0-b171-211608ba2afe
Corse	1	1	1	1	https://portaliweb.universita.corsica/stockage_public/portail/bbaasatd/files/fiches%20ue%20nd%20degr%3%9(1).pdf
Créteil	1	1	1	1	https://formations.univ-paris-diderot.fr/fr/index.html?objet=di-subprogramContent%25253A/84572dd5-657c-4417-b555-055b52dd497c
Dijon	1	1	1	1	http://espe.u-bourgogne.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=408&Itemid=396
Grenoble	1	1	1	1	https://espe.univ-grenoble-alpes.fr/formations/professorat-du-second-degre-/master-meeef-sd-m2-a/
Guadeloupe	1	1	1	1	http://www.espe-guadeloupe.fr/les-formations/2nd-degre/parcours-svt/
Guyane					
La Réunion					
Lille	1	1	1	1	http://biologie.univ-lille1.fr/digitalAssets/42/42139_Plaquette_Master_MEEF_SVT-1.pdf
Limoges	1	1	1	1	http://www.espe.unilim.fr/parcours-professeur-de-sciences-de-la-vie-et-de-la-terre-svt/
Lyon	1	1	1	1	http://offre-de-formation.univ-lyon1.fr/parcours-1132/preparation-au-capes-de-sciences-de-la-vie-et-de-la-terre.html#
Martinique					
Montpellier	1	1	1	1	http://www.espe-l.fr/formation-initiale/master-meeef/master-2nd-degre/descriptifs-des-parcours-master-meeef-2nd-degre
Nancy-Metz	1	1	1	1	http://inspe.univ-lorraine.fr/parcours/master-meeef-2nd-degre
Nantes	1	1	1	1	https://inspe.univ-nantes.fr/notre-offre-de-formation/devenir-professeur-en-collège-ou-lycée/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre-svt-/devenir-professeur-de-sciences-de-la-vie-et-de-la-terre-svt-846433.kjsp?RH=1403527574496
Nice	1	1	1	1	https://espe-nice-toulon.fr/contenus-riches/documents/telechargeables/page-daccueil/meeef-mention-2nd-degre/sciences-et-vie-de-la-terre-svt
Orléans-Tours	1	1	1	1	https://www.univ-orleans.fr/sciences-techniques/biologie-biochimie/master-meeef-svt/maquette
Poitiers	1	1	1	1	http://formations.univ-poitiers.fr/fr/index/master-XB/master-XB/master-metiers-de-l-enseignement-de-l-education-et-de-la-formation-meeef-2e-degre-program-master-metiers-de-l-enseignement-de-l-education-et-de-la-formation-meeef-2e-degre/parcours-sciences-et-vie-de-la-terre-subprogram-parcours-sciences-et-vie-de-la-terre.html#subprogramContent%204b98-4449-4ad5-9f02-ec87f405506-1
Reims	1	?	?	?	https://www.univ-reims.fr/inspe/le-master-meeef-de-l-146-espe/les-parcours-de-formation-master-meeef-mention-2nd-degre-professeurs-lycee-collège/mention-2nd-degre_19398_33046.html?
Rennes	1	1	1	1	http://www.inspe-bretagne.fr/l-offre-de-formation/metiers-de-l-enseignement-de-l-education-et-de-la-formation-second-degre
Rouen	1	?	?	?	http://espe.univ-rouen.fr/master-metiers-de-l-enseignement-education-et-formation-sciences-de-la-vie-et-de-la-terre-543078.kjsp?RH=1421768332036&ONGLET=3
Strasbourg	1	1	1	1	http://espe.unistra.fr/offre-de-formation/offre-de-formation-20182019/
Toulouse	1	1	1	1	http://espe.univ-toulouse.fr/accueil/Formation/professeur-en-collège-et-lycée/sciences-techno/
Versailles	1	1	1	1	http://www.espe-versailles.fr/sciences-de-la-vie-et-de-la-terre-SVT

MÉTA-CONCEPTION D'UN JEU POUR ABORDER L'ÉVOLUTION DU VIVANT EN CLASSE

Coupaud, Magali¹ ; Jégou, Corinne¹ ; Brandt-Pomares, Pascale¹ ; Castera, Jérémy¹
Cheneval-Armand, Hélène¹ ; Coiffard Marre, Claire¹ ; Gobert, Julie¹ ; Marchi, Sabrina¹
Rotenberg, Miguel^{1,2} ; Tortochot, Éric¹ ; Delsérieys, Alice¹
1UR4671 ADEF, Aix-Marseille Université, France
2Playtime, France

Résumé : Cette communication présente les fondements épistémologiques et les premières étapes de conception d'un jeu qui vise à aborder l'évolution du vivant en classe. L'objectif de ce jeu est d'engager des élèves de collège dans la manipulation du concept de hasard impliqué dans les mécanismes de l'évolution (mutations, dérive génétique et sélection naturelle). L'objectif de cette communication est de discuter des choix qui sous-tendent le design d'un jeu basé sur le concept pluriel de hasard en lien avec l'évolution du vivant.

Mots-clés : Évolution du vivant, hasard, enseignement-apprentissage, jeu éducatif

DESIGN A GAME TO ADDRESS THE EVOLUTION OF LIFE IN THE CLASSROOM

Abstract : This communication presents the epistemological foundations and the first stages of design of a game with the aim to approach the evolution of life in class. The objective of this game is to engage middle school students in the manipulation of the three concepts of randomness involved in the mechanisms of evolution (mutations, genetic drift and natural selection). The goal of this paper is to discuss the choices that underline the design of a game based on the plural concept of randomness in relation to evolution.

Keywords : Evolution of life, randomness, teaching-learning, educational games

INTRODUCTION

La théorie de l'évolution occupe une place centrale dans la biologie moderne et constitue également un enjeu pédagogique pour comprendre la biodiversité et les risques associés à l'activité humaine afin de la préserver. Cependant, malgré un large consensus au sein de la communauté scientifique, la théorie de l'évolution reste, aujourd'hui, controversée lorsque les débats se situent à l'intersection de la sphère scientifique et de la sphère privée.

En France, dès l'école primaire, plusieurs conceptions de l'évolution du vivant sont identifiées. Les élèves peuvent exprimer des idées non évolutionnistes et fixistes, acceptent une transformation possible des espèces, mais rejettent une origine commune (Jégou, 2011). Au secondaire, les lycéens reconnaissent l'existence d'un monde passé et des extinctions possibles. Cependant, ils ont souvent une vision anthropocentrée qui les empêche d'accepter l'évolution (Fortin, 2010).

Au collège, une étude quantitative de l'acceptation et de la compréhension de l'évolution du vivant des élèves, a montré que plus du tiers des élèves interrogés rejettent l'évolution des espèces vivantes, quels que soient l'espèce considérée et le niveau de classe. Leurs croyances religieuses influencent fortement leur degré d'acceptation (Coupaud, 2018). Par ailleurs, les élèves qui montrent une faible compréhension des mécanismes évolutifs expriment généralement une idée floue ou un rejet de l'idée de phénomènes aléatoires dans des situations quotidiennes (ibid., 2018).

Aussi, la complexité de la théorie et les controverses sociales existantes sont autant d'obstacles pouvant empêcher les élèves d'accepter et de comprendre la théorie de l'évolution (Shtulman, 2006 ; Nadelson & Southerland, 2012 ; Yasri & Mancy, 2014 ; Wolfs *et al.*, 2017) et, par conséquent, rendent son enseignement difficile (Coquidé *et al.*, 2008). Une des difficultés de compréhension peut résider dans la place et le rôle que joue le hasard dans les mécanismes évolutifs. En effet, l'évolution du vivant est un processus contingent qui convoque différentes formes de hasard. Merlin (2013) et Fiedler *et al.* (2018) soulignent l'importance de renforcer les connaissances communes en biologie et en mathématiques, en considérant le concept de hasard comme un « concept seuil » pour comprendre l'évolution. Dans ce contexte, le projet EGRESS (Educational Game about Randomness & Evolution for Students in Science) développe un jeu éducatif dont l'objectif est d'engager des élèves de collèges à manipuler différentes formes de hasard, en lien avec l'évolution du vivant.

Cette communication propose un focus sur l'analyse épistémologique a priori du prototype élaboré dans le cadre du projet. Cette analyse s'inscrit dans un processus de recherche plus large qui s'appuie sur un travail de méta-conception (Ardito *et al.*, 2015) d'un jeu impliquant divers acteurs (chercheurs en sciences de l'éducation, spécialistes de didactiques scientifiques (sciences de la vie et de la Terre, sciences physiques, mathématiques) et technologiques (enseignements professionnels, design), une ingénieure d'étude et un game-designer). De ce fait, le travail présenté ici ne s'ancre pas dans une recherche didactique d'analyse a posteriori d'un dispositif didactique donné, mais s'appuie sur des fondements didactiques considérant l'épistémologie du concept de hasard dans l'évolution du vivant, les conceptions des élèves repérées dans la littérature et les fondements relatifs au design des jeux pour repérer les contraintes et les choix opérés par les acteurs dans la conception d'un dispositif didactique.

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

MÉCANISMES ÉVOLUTIFS ET HASARD

L'histoire du vivant sur Terre a été rendue possible par l'existence de variations au sein des espèces et « toute la vie sur Terre apparaît comme un fragile équilibre entre la conservation et le changement » (Combes, 2010, p. 81). Au travers du développement de sa théorie sur la sélection naturelle, Darwin (1992) avait déjà compris l'importance de la variabilité au sein d'une espèce, variabilité qui favorise l'adaptation et la survie du plus apte. Cette variabilité est générée par « quatre forces évolutives » : les mutations, la dérive génétique, la sélection naturelle et la migration (Olivieri, 2010).

Gayon (2005) et, à sa suite, Merlin (2013) se sont intéressés aux liens entre théorie de l'évolution du vivant et concept du hasard. Gayon (2005) identifie « trois significations possibles du mot « hasard » : la chance, l'aléatoire, et la contingence par rapport à un système théorique donné » (p. 528). Dans un processus évolutif, le hasard au sens de « chance » est associé à des mutations conduisant à des innovations génétiques. La mutation d'un gène peut être considérée comme fortuite à l'échelle de l'individu, en ce sens qu'elle n'est associée à aucune finalité. Les mutations ne constituent ni un avantage ni un désavantage a priori pour les individus, mais peuvent le devenir si l'environnement change.

Le deuxième sous-concept de hasard qui intervient dans l'évolution du vivant, l'aléatoire, renvoie à une approche statistique et est introduit avec des probabilités aléatoires, notamment associées au mécanisme de dérive génétique à l'échelle de la population. En effet, si l'on considère une génération de parents ayant des caractéristiques génétiques connues, la fréquence allélique de la génération suivante n'est pas strictement déterminée mais dépend des lois de probabilité selon la taille de la population initiale. Ainsi, les variations au sein d'une espèce ou d'une population sont indépendantes de l'environnement. La prise en compte de l'aléatoire dans l'évolution du vivant permet de dépasser une vision déterministe. Le troisième sous-concept de hasard, la contingence, représente un mécanisme combinant des événements fortuits, contingents dans une perspective historique. En effet, la sélection naturelle d'une variation à l'échelle de la population provient de la rencontre de séries causales indépendantes : la présence de facteurs externes (la modification de l'environnement, par exemple) et la variation interne à l'organisme, variation qui aurait pu rester inaperçue. Ce type de hasard joue un rôle majeur dans les processus d'évolution en supprimant toute idée d'intentionnalité. C'est un aspect important pour surmonter l'obstacle épistémologique du finalisme.

Décliné sous ses trois aspects, le hasard peut alors être considéré comme la source de la variabilité intraspécifique. Par ailleurs, Fielder *et al.* (2018) définissent le concept d'évolution du vivant comme un réseau de concepts-seuils¹ interconnectés (temps, espace, probabilité et hasard) et considèrent le concept de hasard comme une passerelle conceptuelle qui permet d'accéder à la compréhension de l'évolution du vivant (« Threshold concept »).

ÉVOLUTION DU VIVANT ET HASARD POUR DES ÉLÈVES DE COLLÈGE

L'élaboration d'un questionnaire (Coupaud, 2018) a permis d'explorer le lien entre la façon dont

1 Les concept-seuils se définissent comme des concepts abstraits sous-jacents à une théorie qui, une fois surmontés, favorisent l'accès à une nouvelle manière de penser et non comme de simples éléments constitutifs de la compréhension d'une théorie (Fielder, 2018).

les collégiens comprennent l'évolution du vivant et celle dont ils appréhendent le hasard. Une majorité des élèves interrogés expriment un large accord avec une définition du hasard associée au destin, chance ou malchance, conception qui ne semble pas dépendre du niveau de classe. Une telle conception est liée à une faible acceptation de l'évolution, surtout dans le cas de l'évolution humaine, et se traduit par une idée finaliste forte de l'évolution. Un autre résultat est la faible prise de conscience que les élèves expriment au sujet de la pensée probabiliste dans les situations quotidiennes. À l'instar de Savard et Manuel (2016), cela suggère qu'un enseignement de la pensée probabiliste avec les élèves devrait être développée et non limitée à l'enseignement des mathématiques. Cette étude met en évidence un lien entre l'accord des élèves avec la pensée probabiliste et l'accord des élèves avec la pensée évolutionniste. On retient de cette étude, l'importance de développer une appréhension du hasard « aléatoire » pour faciliter l'accès à la compréhension de la transmission des traits biologiques au fil des générations successives.

Par ailleurs, des recherches didactiques ont montré qu'un raisonnement à l'échelle de l'individu pouvait faire obstacle à la compréhension de l'évolution du vivant qui nécessite une pensée populationnelle probabiliste chez des collégiens (Gobert, 2014).

Au regard de ces obstacles, nous orientons notre réflexion sur la dimension populationnelle de l'évolution du vivant. Seuls les deux sous-concepts de hasard que sont l'aléatoire et la contingence, nourrissent les mécanismes explicatifs de l'évolution du vivant à l'échelle de la population. Ainsi, le prototype du jeu mobilise ces deux sous-concepts.

DES JEUX POUR EXPLIQUER L'ÉVOLUTION DU VIVANT

Dans le cadre du projet EGRESS, nous souhaitons aborder le concept de hasard avec des collégiens par le biais d'un jeu de plateau. Le hasard est intrinsèquement lié au jeu, du fait de l'incertitude du joueur quant au résultat (Solinski, 2015). Une grande partie du plaisir de jouer réside dans cette incertitude. Il n'y a pas, aujourd'hui, de consensus strict sur ce qui définit un jeu (Schmoll, 2011) mais certaines caractéristiques sont utiles dans le contexte de l'enseignement scientifique :

- c'est un espace de transition entre le virtuel et la réalité. En tant que tel, il présente des similitudes avec le monde réel, mais aussi des différences suffisantes pour préserver l'acteur ou pour donner au joueur l'accès à certaines caractéristiques du monde réel autrement trop complexes. En d'autres termes, il renvoie à une modélisation dans un contexte scientifique ;
- il offre un espace où il est possible d'expérimenter. Les échecs n'ont pas de conséquences irrémédiables. Ainsi, en classe de sciences, les erreurs doivent être considérées comme un levier pour apprendre ;
- il crée un contexte qui incite les joueurs à participer pleinement à l'activité proposée, en se référant au concept de flow en psychologie (Alvarez et al., 2016).

Il existe, dans le commerce, plusieurs jeux en lien avec l'évolution du vivant tels que le jeu de plateau « Évolution » (West, 2015) ou le jeu vidéo « Spore » (Sanchez & Prieur, 2009). Cependant, ces jeux adoptent un modèle finaliste des processus évolutifs où les joueurs contrôlent comment et quand les créatures évoluent, laissant peu d'espace pour des processus aléatoires à expérimenter.

L'objet de cette communication est de présenter et de discuter des choix épistémologiques qui sous-tendent le design d'un jeu permettant de faire manipuler aux collégiens différents sous-

concepts de hasard, en lien avec les mécanismes évolutifs sous-jacents. Elle s'inscrit dans un projet plus large de méta-conception du jeu intégré à une intervention didactique en classe (Ardito *et al.*, 2015) et s'appuie sur une analyse épistémologique a priori du dernier prototype au moment de cette communication.

IMPLICATIONS POUR LE DESIGN D'UN JEU SUR L'ÉVOLUTION DU VIVANT

DESCRIPTION DU PROTOTYPE

La conception du prototype, décrit ci-après, est le résultat d'un travail plus large qui s'appuie sur l'analyse des réunions de travail vidéo-enregistrées des membres de l'équipe, de tests effectués avec des publics différents (experts en jeu, adolescents) et d'une analyse a priori des savoirs en jeu. Cette communication se focalise sur les éléments de l'analyse a priori.

Le prototype est un jeu de plateau composé de tuiles représentant quatre types de territoires (mer, montagne, jungle, forêt) dans lesquels des populations d'animaux, représentées par des dés de couleur, sont amenées à évoluer (figure 1a). Chaque territoire comporte plus ou moins de ressources nutritives (viande, plante, fruit, insecte, matière organique morte). Les joueurs ont pour rôle d'observer l'évolution d'une population d'une espèce chimère qu'ils ont sélectionnée en qualité de scientifiques. Trois caractéristiques (la forme du bec, la couleur de la peau, l'élément existant au bout des pattes) de la population en charge des joueurs sont choisies en début de jeu, à partir de deux variants possibles par caractéristique. Ce choix est facilité par une représentation schématique des différents variants sur des cartes « caractéristique » (figure 1c), accompagnée d'un texte explicatif et d'une indication sur les territoires et les ressources favorables pour son développement. À chaque carte est attribué un jeton de forme et de couleur différentes (figure 1c). D'autres variants pour chacune des caractéristiques seront dévoilés au cours du jeu. Les jetons seront jetés dans une tour² représentant la reproduction aléatoire de la population sur plusieurs générations (figure 1d).

Le jeu démarre par un court récit introductif : « Vous êtes des scientifiques en charge d'une population d'une même espèce. Cette population a trois caractéristiques communes (4 pattes, une peau colorée, un bec) mais présente des variants pour ces caractéristiques. Vous allez vous répartir cette population en choisissant chacun une sous-population avec des variants différents. Votre objectif est de permettre à votre sous-population d'évoluer en une espèce différente qui ne ressemble plus du tout à la population de départ ». Les joueurs positionnent devant eux les jetons correspondants aux variants choisis pour chacune des trois caractéristiques, sur la « feuille population » (figure 1b).

À chaque tour de jeu, six étapes se succèdent :

1. la préparation des jetons qui seront lancés dans la tour : un exemplaire de chaque jeton et un jeton supplémentaire par ressource et territoire, représentés sur la carte caractéristique correspondant aux jetons ;
2. le tirage des jetons par la tour (figure 1d) : les jetons préparés en amont sont jetés dans la tour à deux reprises. La tour n'étant pas vidée entre chaque tirage, des jetons du joueur précédent peuvent ressortir ;
3. la récupération des jetons : les joueurs en tant que scientifiques sélectionnent

² Cette tour, inspirée de la tour du jeu de société « Shogun » (Derk Henn, Queen Games), permet, lorsque des jetons sont lancés dedans, d'en bloquer certains ou d'en laisser tomber d'autres précédemment bloqués.

- les parties de population qu'ils souhaitent voir évoluer. Pour cela, ils récupèrent les jetons par paquet de 3, correspondants aux trois caractéristiques (figure 1b). Ils doivent effectuer un maximum de combinaisons différentes. À l'issue de ce tri, s'il ne manque qu'un seul jeton pour constituer une combinaison différente, les joueurs piochent une carte « caractéristique » correspondant au jeton manquant. Les jetons surnuméraires sont éliminés ;
4. la personnalisation de la population à partir des cartes « caractéristique » : chaque joueur dessine les différents variants des trois caractéristiques de sa population (par exemple : long bec, peau jaune, sabot) et imagine une histoire qui inscrit les changements dans un temps long ;
 5. la migration : chaque équipe peut décider de déplacer sa population vers un autre territoire. Cette étape peut conduire à la rencontre entre populations de différentes équipes. Si deux populations se rencontrent, le tirage des jetons au tour suivant se fait en commun. Les joueurs récupèrent les jetons à tour de rôle comme précédemment, pour constituer leurs nouveaux variants de population ;
 6. le tirage aléatoire de cartes « évènement » (modification climatique, apparition d'une maladie ...) susceptibles d'impacter les populations.

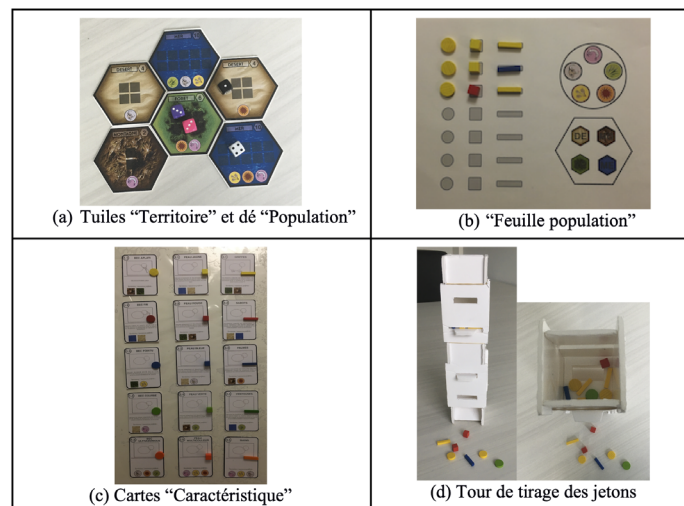


Figure 1. : Photographies du prototype du jeu sur le hasard en lien avec l'évolution du vivant.

ANALYSE A PRIORI DU JEU ET DES MÉCANIQUES DE JEU RETENUES

La réflexion dans le cadre du projet EGRESS s'inscrit dans une dimension populationnelle ; la population étant pris au sens de structure intermédiaire entre l'individu et l'espèce (Mayr, 1989). Le développement du jeu s'appuie sur les deux sous-concepts du hasard, aléatoire et contingence, qui interviennent dans les mécanismes évolutifs à un niveau populationnel, dans l'objectif de les rendre explicite auprès des élèves.

Une analyse a priori de la place du hasard dans le jeu et de sa traduction en termes de mécaniques de jeu, est présentée en annexe 1. Elle permet de relier étapes de jeu, sous-concept de hasard mobilisé et mécanismes évolutifs abordés.

Le hasard « aléatoire » intervient à différents moments d'un tour de jeu :

- Lors du tirage par la tour, tirage modélisant la fixation ou non de variants des trois caractéristiques au sein de la population. Cette fixation dépend de la répartition

aléatoire des allèles au cours de la reproduction. Lorsqu'un variant d'une des caractéristiques est moins avantageux, il est moins représenté dans la population et tend à disparaître ;

- Lors du tirage d'une nouvelle carte « caractéristique » modélisant la fixation de nouveaux variants dans la population, issus de mutations ou de l'expression d'allèles récessifs ;
- Lors du tirage d'une carte « évènement » modélisant les possibles changements d'environnement.

Le hasard « contingence » est convoqué lors de la préparation des jetons pour le tirage par la tour. En effet, cette phase modélise la rencontre de deux évènements aléatoires indépendants :

- La fixation d'un variant d'une caractéristique dans la population lors du tirage par la tour ;
- L'attribution aléatoire des ressources d'un territoire lors du tirage d'une carte « évènement ».

La préparation des jetons imposée par la correspondance caractéristique/ressources des territoires, modélise ainsi le caractère contingentiel de la sélection naturelle de certaines caractéristiques au cours du temps, selon les avantages adaptatifs qu'elles confèrent à l'espèce. Ainsi, la partie de la population ayant des caractéristiques avantageuses, génère plus de copies de ses variants à la génération suivante, et inversement (Fielder *et al.*, 2018).

DISCUSSION

Le jeu en cours d'élaboration intègre deux des trois sous-concepts du hasard définis par Gayon (2005). Ils se retrouvent, dans le jeu, au sein d'un même tour de jeu. L'analyse a priori du prototype permet d'identifier deux points de vigilance :

- le jeu, comme tout modèle, a pour principal rôle de simplifier les faits afin de les rendre préhensibles pour les élèves (Bressoux, 2010). Il convient de garder une correspondance acceptable entre les éléments du modèle et la réalité des faits modélisés. La récurrence des mécaniques de jeux, lors de chaque tour, permet aux élèves de manipuler les sous-concepts de hasard en lien avec les mécanismes de l'évolution du vivant ;
- la notion d'un temps long, indispensable à la compréhension de l'évolution du vivant, doit être visible dans le jeu. Chaque tour de jeu est associé à une période de temps, matérialisée dans le jeu par des tirages successifs par la tour. Le jeu propose ainsi aux élèves une évolution d'une espèce commune par la manipulation du temps à différentes échelles et modélise des changements au sein de la population de générations en générations.

L'analyse du prototype révèle les limites de la modélisation :

- une limite liée à une confusion possible entre les niveaux individuel et populationnel, au moment de la réalisation des combinaisons lors de l'étape (3), mais également entre les niveaux « allèle », « gène », « caractéristique » lors de la manipulation des cartes « caractéristique » ;
- une limite liée à la correspondance entre les cartes « caractéristique » nouvellement tirées lors de l'étape (3) et les ressources du territoire sur lequel est positionné le joueur ;

- une limite liée à une non-perception du temps long, le jeu ne permettant pas de le manipuler au-delà de deux tirages successifs par la tour lors de l'étape (2).

Ces limites, ainsi identifiées, devront être modérées lors de la conception du prototype à venir et intégrées dans la réflexion sur le rôle de l'enseignant dans une perspective didactique. En effet, la prise de conscience du rôle du hasard dans l'évolution du vivant et les limites de la modélisation nécessitent une intervention didactique qui se fera lors d'un temps d'analyse accompagné par l'enseignant.

Dans la suite du projet EGRESS, l'évolution du prototype se fera sur la base de tests auprès des publics-cibles :

- des enseignants afin de définir leur rôle dans le dispositif didactique ;
- des élèves de collège afin de mesurer l'efficacité du jeu. Autrement dit, le jeu permet-il à des collégiens de mieux comprendre pourquoi il est difficile de prédire avec précision comment et quand la vie évolue et d'accepter ainsi les incertitudes inhérentes aux propositions scientifiques pour expliquer l'histoire de la vie sur Terre.




BIBLIOGRAPHIE

- Alvarez, J., Djaouti, D. & Rampnoux, O. (2016). *Apprendre avec les serious games ?* Canopé éditions.
- Ardito, C., Buono, P., Costabile, M. F., Lanzilotti, R., Piccinno, A. & Zhu, L. (2015). On the transferability of a meta-design model supporting End-User Development. *Universal Access in the Information Society*, 14(2), 169-186.
- Bressoux, P. (2010). *Modélisation statistique appliquée aux sciences sociales*. Bruxelles : de Boeck.
- Combes, C. (2010). *Évolution : les grandes questions*. Éd. le Pommier.
- Coquidé, M., Tirard, S. & Aroua, S. (2008). *L'évolution Du Vivant : Un Enseignement À Risque ?* Vuibert/ADAPT-SNES.
- Coupaud, M. (2018). *Évolution du vivant et hasard : étude quantitative des conceptions d'élèves de collège en France*. PhD diss. Aix-Marseille Université.
- Darwin, C. (1992). *L'origine des espèces* [1859]. Traduction. Paris: GF-Flammarion.
- Fiedler, D., Tröbst, S., Großschedl, J. & Harms, U. (2018). EvoSketch: Simple simulations for learning random and probabilistic processes in evolution, and effects of instructional support on learners' conceptual knowledge. *Evolution: Education and Outreach*, 11(1), 15.
- Fortin, C. (2010). *L'évolution à l'école : créationnisme contre darwinisme ?* Paris : Armand Colin.
- Gayon, J. (2005). Évolution et hasard. *Laval théologique et philosophique*, 61(3), 527-537.
- Gobert, J. (2014). *Processus d'enseignement-apprentissage de raisonnements néo-darwiniens en classes de Sciences de la Vie et de la Terre*. Thèse de doctorat, Université Caen-Basse-Normandie, 416 p.
- Jégou, C. (2011). Des élèves de 9-12 ans de l'école primaire française et l'évolution des espèces vivantes. *Review of Science, Mathematics And ICT Education*, 5(1), 81-96.
- Mayr, E. (1989). *Histoire de la biologie : diversité, évolution et hérédité*. Paris :

- Fayard.
- Merlin, F. (2013). *Mutations et aléas : le hasard dans la théorie de l'évolution*. Paris : Hermann.
- Nadelson, L. S. et Southerland, S. (2012). A More Fine-Grained Measure of Students' Acceptance of Evolution: Development of the Inventory of Student Evolution Acceptance. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1637-1666.
- Olivieri, I. (2010). *Génétique et évolution des populations et des métapopulations. Biologie évolutive*. Bruxelles : de Boeck.
- Sanchez, E. & Prieur, M. (2009). Spore, un jeu sérieux pour comprendre l'évolution biologique ? *Les Dossiers de l'ingénierie éducative*, 65, 18-21.
- Savard, A. & Manuel, D. (2016). Teaching statistics: creating an intersection for intra and interdisciplinarity. *Statistic Education Research Journal*, 15(2), 239-256.
- Schmoll, P. (2011). Sciences du jeu : état des lieux et perspectives. *Revue des Sciences sociales*, 45, 11-19.
- Solinski, B. (2015). *Ludologie : jeu, discours, complexité*. PhD diss. Université de Lorraine.
- Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. *Cognitive psychology*, 52(2), 170-194.
- West, S. (2015). Education: How to win at evolution. *Nature*, 528(7581), 192–192.
- Wolfs, J.L., Garcia Redondo, E., Espejo Vilar, B., Lázaro Herrero, L., Delhayé, C., Ekan-ga, L., Koffi, G., Simsek, N., De Blasio, C. & El Adek, H. (2017). Conception sécularisée ou non-sécularisée de la science chez des élèves de sept pays. *Carrefours de l'Éducation*, 44(2), 84-99.
- Yasri, P. et Mancy, R. (2014). Understanding student approaches to learning evolution in the context of their perceptions of the relationship between science and religion. *International Journal of Science Education*, 36(1), 24-45.

ANNEXE 1

Analyse à priori des mécaniques de jeu dans chaque phase pour le prototype

	Phases de jeu	Évolution du vivant	Hasard
1	<p>Constitution de la population de départ à partir du choix de variants des caractéristiques de l'espèce</p> <p>Chaque équipe, en tant que scientifique, constitue sa population à partir d'une population de départ et retient certains variants des caractéristiques de l'espèce</p>  <p>Chaque équipe positionne devant lui les jetons correspondants aux variants choisis pour 3 caractéristiques retenues pour le jeu</p>	<p><i>Considération de la variabilité au sein de la population (Fielder et al., 2018)</i></p> <p>Les individus qui constituent une population varient les uns des autres selon 3 caractéristiques (forme du bec, couleur de la peau, extrémités des pattes), pour lesquelles 4 variants ont été imaginés.</p> <p>Variabilité au sein d'une espèce</p>	
2	<p>Préparation du tirage dans la tour</p> <p>Chaque équipe prépare les jetons qu'elle va lancer dans la tour</p> 	<p>1 jeton pour chaque variant</p> <p><i>Considération du degré de fixation des variants dans la population</i></p> <p>Plus le variant est représenté dans une population, plus il devrait être représenté à la génération suivante</p>	
	<p>1 jeton par ressource(s) et territoire, indiqués sur la carte caractéristique</p> 	<p><i>Considération des effets avantageux/désavantageux des différentes caractéristiques sur la valeur sélective (Fielder et al., 2018)</i></p> <p>Les individus d'une partie de la population ayant des variants avantageux génèrent plus de copies de leur gène dans le patrimoine génétique à la génération suivante, et inversement</p>	<p><i>Contingence</i></p> <p>Point de rencontre entre le variant d'une caractéristique qui s'est fixé dans une partie de la population (processus aléatoire) avec les ressources d'un territoire (processus aléatoire)</p>

3	Tirage par la tour Chaque équipe jette dans la tour les jetons préparés en amont	<i>Considération du degré de fixation dans la population</i> La fixation d'une caractéristique dans la population dépend de la répartition aléatoire des allèles au cours de la reproduction	<i>Aléatoire</i> Les caractères se fixent dans la population de manière aléatoire	
	+ 2^{ème} tirage	<i>Considération du temps long</i> La population change de générations en générations	<i>Aléatoire</i> Les caractères se fixent dans la population de manière aléatoire	
4	Récupération des jetons par les joueurs Les joueurs, en tant que scientifiques, sélectionnent les parties de population qu'ils souhaitent voir évoluer. Pour cela, ils récupèrent les jetons par paquet de 3. Ils doivent effectuer un maximum de combinaisons	<i>Sélection artificielle</i>		
5		S'il reste 2 types de jetons différents, le 3 ^{ème} jeton est récupéré dans la « banque » de variants de caractéristiques commune à tous les joueurs	<i>Considération de la variabilité de la lignée</i> Lorsque le variant est moins avantageux, il est moins représenté dans la population. Les individus de la population qui portent le variant ont un taux de survie moins important laissant place à ceux portant un variant différent qui pourrait devenir avantageux	<i>Aléatoire</i> Les caractères se fixent dans la population de manière aléatoire
	Effet du résultat du tirage sur la population	S'il reste des jetons d'un seul variant de caractéristiques, ils sont éliminés du stock de l'équipe		
		Diminution de la taille de la population/dé si fixation d'un nouveau variant	<i>Considération des probabilités de survie et de reproduction (Fielder et al., 2018)</i> Les variants désavantageux ont un effet négatif sur la probabilité de survie, et inversement	<i>Aléatoire</i>

	<p>Phase de schématisation des différentes combinaisons possibles de parties de population</p>	<p><i>Considération de la variabilité au sein de la population (Fielder et al., 2018)</i></p> <p>Les individus qui constituent une population varient les uns des autres selon 3 caractéristiques (forme du bec, couleur de la peau, extrémités des pattes), pour lesquelles 4 variants ont été imaginés</p>	
6	<p>Entre les tirages de chaque équipe, la tour n'est pas vidée</p>	<p><i>Considération de la variabilité de la lignée</i></p> <p>De nouvelles variations des caractéristiques peuvent apparaître lorsqu'une caractéristique est peu fixée dans la population (caractère « récessif » ancestraux ou mutation en cours de fixation) de par le flux génétique existant au sein d'une espèce</p>	<p><i>Aléatoire</i></p>

MISE EN DIALOGUE DE 2 CADRES D'ANALYSE DIDACTIQUE DES INTERACTIONS LANGAGIÈRES DANS L'ÉTUDE DES PROCESSUS DE SÉMIOSE, LORS D'UN DÉBAT EN CLASSE DE BIOLOGIE À L'ÉCOLE PRIMAIRE

Yann Lhoste¹, Corinne Marlot^{2,3}

1 : Université de Bordeaux, Laboratoire d'épistémologie et de didactiques des disciplines de Bordeaux (Lab-E3D (U. Bordeaux, EA 7441)) Université de Bordeaux

2 : Activité, Connaissance, Transmission, éducation (ACTé) Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II : EA4281

3 : HEP VD - UER MS (haute École Pédagogique Vaud. UER Maths-sciences)

Résumé : Nous nous intéressons à la façon dont les élèves construisent des significations partagées et, plus particulièrement, aux processus de sémiose en jeu dans les apprentissages scientifiques. Nous comparons comment nous pouvons les comprendre à partir de deux cadres théoriques et méthodologiques différents (celui de la théorie de l'action conjointe en didactique et celui de la modélisation de la structuration des contextes). Cela nous permet de mettre en discussion les deux cadres convoqués dans une perspective de didactique comparée et dans leurs apports respectifs et complémentaires à la compréhension de phénomènes didactiques en biologie.

Mots-clés : action conjointe, contexte, sémiose, langage et apprentissage, didactique SVT.

DIALOGUE BETWEEN 2 FRAMEWORKS FOR THE DIDACTIC ANALYSIS OF LANGUAGE INTERACTIONS IN THE STUDY OF SEMIOSE PROCESSES DURING A DEBATE IN A BIOLOGY CLASSROOM IN PRIMARY SCHOOL

Abstract : We are interested in the way in which students construct shared meanings and more particularly in the processes of semiose in scientific learning. We compare how we can understand them from two different theoretical and methodological frameworks (the theory of joint action in didactics and the modelling of context structuring). This allows us to discuss the two frameworks convened from a comparative perspective and in their respective and complementary contributions to the understanding of didactic phenomena in biology.

Keywords : joint action, context, semiose, language and learning, didactics of biology

CONTEXTE

Concernant l'analyse des pratiques langagières, de nombreuses recherches (Jaubert, 2007 ; Schneeberger & Vérin, 2009 ; Marlot, 2014 ; Lhoste, 2017) montrent que l'activité langagière des acteurs renseigne sur leur activité cognitive. Les analyses langagières visent donc à repérer les processus en jeu dans l'élaboration et l'appropriation du savoir par les élèves en SVT. Six ans après la parution du numéro 11 de RDST (Lhoste & Orange, 2015) et au regard des relations entre langage et apprentissage dans les recherches en didactique des SVT, nous proposons de poursuivre cette réflexion avec la comparaison de 2 cadres théoriques et méthodologiques : celui de la théorie de l'action conjointe en didactique et celui de la théorie historique et culturelle, reprise dans un modèle de structuration des contextes - MSC (Lhoste, 2017) - comme l'avaient initié Santini et Crépin-Obert dans ce même numéro de RDST (Santini & Crépin-Obert, 2015), mais ici, spécifiquement pour analyser les pratiques langagières en classe.

CADRE THÉORIQUE

Pour dire les choses de manière synthétique, MSC et TACD constituent deux modélisations des savoirs différentes, mais suffisamment proches pour engager une mise en dialogue féconde. En effet, l'objet de nos analyses est bien le système didactique dans son ensemble, en prise avec son contexte d'existence.

Dans les 2 cas, nous travaillons à partir d'étude de cas et la focale des analyses didactiques concerne l'action didactique effective. Nous procédons à des analyses de nature clinique, en ce sens que nous nous situons dans une approche descriptive et compréhensive, à partir de traces diversifiées de l'activité didactique et d'un outillage conceptuel sous forme de catégories de description.

Au-delà de nos cadres théoriques respectifs, nous nous inscrivons pour cette présentation, dans une approche comparatiste en didactique (Mercier, Schubauer-Leoni & Sensevy, 2002), tel qu'elle se construit, notamment, au sein de l'Association pour des recherches comparatistes en didactique (ARCD, 2018). En effet, il va s'agir ici de comparer les résultats produits par l'analyse d'un moment d'enseignement selon chacun des deux cadres théoriques mobilisés.

LE POINT DE VUE DE LA TACD

Dans le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy, 2011), nous cherchons à comprendre comment et à quelles fins le professeur produit son discours lors des interactions avec les élèves (Marlot, 2008). Nous nous situons ainsi dans une dialectique discours-action et nos analyses des discours des professeurs et des élèves relèvent d'une approche pragmatiste où les discours sont considérés du point de vue de leurs conditions de production et de leur usage (Jaubert & Rebière, 2001). Nous nous situons ainsi dans une approche pragmatique et active du langage. La TACD appréhende la production des discours du professeur et des élèves comme la manifestation de transactions didactiques dont le savoir est l'objet transactionnel. Le préfixe trans engage donc le chercheur didacticien à explorer (dans le langage) ce qui est « transmis », en termes d'objets de savoir, tout autant que ce qui est « transformé », en termes d'objets du milieu de l'étude et selon quelles règles (Marlot, 2014).

Le travail du professeur consiste alors d'une part, à rendre présent l'objet d'apprentissage sous une forme matérialisée et d'autre part, à « le montrer » en guidant l'attention de l'élève sur

les dimensions essentielles de l'objet, par des procédés sémiotiques divers (Schneuwly, 2000). Dans le langage théorique de la TACD, nous disons que, pour rendre l'objet suffisamment présent, le travail de régulation du professeur va correspondre à une forme d'équilibration didactique (Sensevy, 2011) entre le contrat didactique et le milieu : le milieu doit permettre à chaque instant l'expression du contrat et le contrat trouve dans le milieu ses moyens d'expression. Pour ce qui est de « montrer » l'objet, le professeur peut se comparer à un sémaphore qui va indiquer aux élèves où regarder et de quelle manière agir. Ce processus d'élucidation du milieu tient pour nous à l'articulation des deux phénomènes : la double sémiotisation (rendre présent l'objet/montrer en guidant l'attention sur les dimensions essentielles de l'objet) et la sémiose réciproque (professeur et élèves sont émetteurs de signes les uns pour les autres). Analyser les transactions didactiques du point de vue des échanges langagiers nous permet de saisir ces phénomènes de sémiose qui président à la construction de significations partagées et donc, à terme, d'apprentissages.

LE POINT DE VUE DU MODÈLE DE LA STRUCTURATION DES CONTEXTES

L'analyse des situations d'enseignement et d'apprentissage en termes de structuration des contextes (Lhoste, 2017), articule principalement deux niveaux du contexte (figure 1.) : le contexte problématique analysé avec les outils du cadre théorique de l'apprentissage par problématisation et le contexte intersubjectif qui vise à décrire/comprendre comment la classe, sous la conduite du professeur et la médiation des savoirs, construit progressivement un cadre commun d'activité qui peut devenir pertinent au regard des savoirs en jeu.

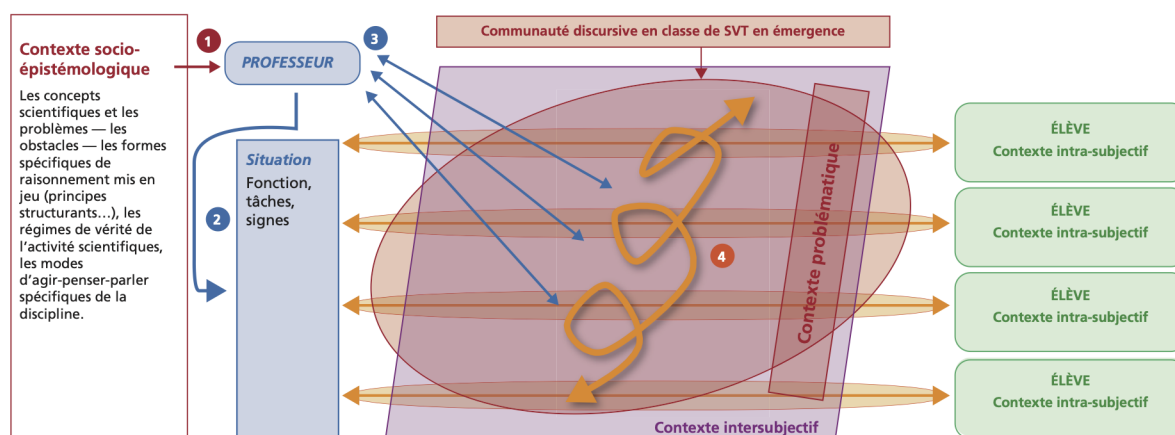


Figure 1. : Les contextes en jeu dans le MSC (Lhoste, 2017, p. 226).

Le savoir mis en scène dans un dispositif (une situation problème) doit être reconstruit à partir de certains indices qui doivent faire l'objet d'une sémiose, c'est-à-dire que ces indices doivent devenir des signes pour les élèves afin qu'ils puissent les mobiliser pour reconstruire les nécessités fonctionnelles et/ou historiques en jeu. C'est l'accès aux raisons (Orange, 2012) qui permet de rendre compte du contexte problématique. Toutes les interventions des élèves et de l'enseignant qui ne sont pas directement problématiques jouent un rôle que nous pensons décisif dans l'orientation de l'activité des élèves et c'est elles qui permettent de rendre compte du contexte intersubjectif de la classe. Ces deux contextes évoluent donc de façon systémique et leur mise à jour permet de décrire/comprendre comment la classe se spécifie progressivement sous la conduite de l'enseignant en une communauté discursive scientifique scolaire, qui mobilise des façons d'agir-parler-penser spécifiques aux savoirs et pratiques de savoirs visées,

ici scientifiques (Jaubert & Rebière, 2001).

Analyser les interactions didactiques du point de vue langagier, nous permet de saisir la façon dont les élèves construisent progressivement des objets de discours scientifiques et des formes d'activités spécifiques aux pratiques de savoirs scientifiques (explication, modélisation, problématisation), c'est-à-dire construisent des significations partagées qui portent à la fois sur les objets de savoir et les pratiques de ces savoirs.

Ce cadrage théorique nous amène à poser les 2 questions qui fondent notre problématique :

1. Comment les dimensions langagières sont-elles prises en charge dans les 2 cadres et en quoi contribuent-elles à informer la modélisation des savoirs en SVT ?
2. En quoi la mise en dialogue de nos 2 cadres, du point de vue de l'analyse des interactions langagières, contribue-t-elle à augmenter l'intelligibilité des phénomènes d'enseignement et d'apprentissage dans un moment de débat scientifique ?

MÉTHODOLOGIE

Nous nous focalisons sur l'analyse d'un moment de débat en classe de CM1-CM2, portant sur le concept d'articulation. La séquence observée (annexe 1) n'est pas une séquence ordinaire ; elle a été co-construite par des enseignants et des chercheurs sur le mode d'une séquence forcée (Orange, 2010), dans le but de faire construire aux élèves le problème de l'articulation qui relève d'un paradoxe. En effet, pour que le membre supérieur puisse plier et déplier au niveau du coude, tout en étant d'un seul tenant, il y a nécessité d'un dispositif anatomique qui permet, à la fois, d'assurer : (1) la possibilité de plier au niveau du coude et, simultanément, (2) la continuité des segments osseux qui forment l'armature du bras et de l'avant bras.

Nos analyses qui seront conduites selon le cadre interprétatif propre d'une part, à la TACD et d'autre part, à la MSC, visent à comprendre les processus de sémiologie qui conduisent à la production de significations partagées (les contraintes et les nécessités). Notre matériau d'analyse est constitué des productions langagières écrites (les schémas explicatifs produits à la phase 2 sont le support de la discussion) et orales, des élèves et de l'enseignant, lors de la phase 3 de la séquence qui correspondent à un moment de débat argumentatif. Le contexte de production de ces échanges sera identifié du point de vue des enjeux didactiques.

La méthodologie proposée dans cette communication est exploratoire : il s'agit de la mettre à l'épreuve d'un premier extrait de verbatim, afin de voir ce qu'elle est capable de produire en termes de compréhension du processus de sémiologie. Nous avons cherché une articulation de nos cadres plutôt qu'une juxtaposition, ce qui explique un dispositif méthodologique emboîté.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE SELON LE CADRE DE LA TACD

Saisir la construction de ces significations partagées ou, autrement dit, la construction de la référence au travers du processus de sémiologie, revient pour nous à rendre compte de cette genèse du point de vue de l'analyse des transactions langagières. Le triplet des genèses (Sensevy & Mercier, 2007) nous semble un bon candidat, en termes de catégories de description, pour rendre compte de cette construction : comment se fait le partage des responsabilités entre le professeur et les élèves (topogénèse) ; sur quels objets du milieu et selon quel contrat s'exerce l'action conjointe (mésogénèse) et pour quelle avancée des savoirs sur l'axe du temps (chronogénèse). Concernant la topogénèse, nous tenterons de rendre compte du processus d'énonciation didactique (Marlot, 2008 ; 2014). Cette énonciation relève de trois indicateurs

qui décrivent ensemble une configuration topogénétique, établie pour chacun des énoncés du professeur : la position didactique, la réticence didactique et le type de formulation ou reformulation de l'enseignant. Chacun des indicateurs peut être vu comme une catégorie de description de cette énonciation didactique. Concernant la mésogénèse et afin de spécifier notre analyse aux situations d'enseignement-apprentissage en classe de sciences, nous tenterons de caractériser les objets du milieu dans lesquels sont cristallisés les savoirs en jeu, du point de vue de leur appartenance à des mondes différents (Tiberghien et al., 2007).

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE SELON LE MODÈLE DE STRUCTURATION DES CONTEXTES

Plusieurs outils seront mobilisés pour saisir la construction des différents contextes :

- les traces de problématisations en référence aux travaux conduits de la cadre théorique de l'apprentissage par problématisation (Orange, 2012) ;
- les processus de construction des objets de discours, en référence aux travaux de Grize (1996) ;
- les processus de secondarisation des discours des élèves, c'est-à-dire la transformation des genres premiers de discours (Bakhtine, 1984), liés à l'action, qui permettent de gérer dans l'immédiateté, les interactions de la vie quotidienne ; en genres seconds qui permettent de gérer les échanges culturels et supposent mise à distance et généralisation.
- les mécanismes de déplacements des positionnements énonciatifs des élèves en référence aux travaux conduits dans l'interactionnisme socio-discursif (Bronckart, 1996).

MÉTHODE D'ANALYSE RETENUE

PHASE 1

Construction du synopsis des séances 3 et 4 (phase 3 du débat). La dimension multiscalaire de l'analyse doit rester présente afin de ne pas perdre de vue le contexte propre à la situation de débat étudiée. Ainsi, les synopsis en tant qu'outils de réduction des données, donnent à voir un découpage de l'action didactique selon 3 grains : le grain macroscopique lié aux grandes phases de la séance ; le grain mésoscopique lié aux différents jeux d'apprentissage et le grain microscopique, celui des interactions langagières qui correspond à des épisodes significatifs au regard de nos questions de recherche.

Au niveau mésoscopique, nous considérons, dans le cadre de la TACD, qu'une séance est constituée d'une succession de jeux d'apprentissage. Chacun d'entre eux rend compte de l'état du contrat et du milieu à un instant t. Si le contrat change et/ou le milieu évolue, alors nous passons à un nouveau JA. Un JA peut admettre un ou plusieurs épisodes significatifs. Dans le cadre de la MSC ; c'est la macrostructure du débat qui relève du niveau mésoscopique.

La phase 3 de la séquence correspond à la présentation et la mise en discussion des schémas explicatifs de chacun des 5 groupes. Dans ce résumé, nous ne considérerons qu'une partie de la présentation du groupe 1 (tdp 1-54) dont le schéma est présenté en annexe 2.

PHASE 2

Analyse des interactions langagières (TACD). Chaque JA est caractérisé en mobilisant le concept de dialectique contrat-milieu et le modèle de la théorie des 2 mondes avec l'identification des

registres (objets-événements, ROE ou théories et modèles TM). Pour chaque JA, un épisode significatif de quelques tours de parole sera retenu. L'analyse va alors mobiliser le triplet des genèses.

La topogénèse est caractérisée à son tour selon 3 indicateurs qui, ensemble, donnent à voir des configurations topogénétiques pour le professeur : la position topogénétique (analyse, analyse-accompagnement, accompagnement) ; la réticence didactique plus ou moins forte et le mode de reformulation (paraphrastique, non paraphrastique et formulation première) (annexe 3.).

Cette analyse nécessite des allers-retours entre le grain mésoscopique (JA) et le grain microscopique (épisodes significatifs). Nous procédons ainsi à une analyse ascendante de la transposition didactique (celle de la pratique et des apprentissages effectifs).

Analyse des interactions langagières (MSC)

Les interactions seront analysées au niveau microscopique avec les différents outils présentés à la section 2.2.

PHASE 3

Analyse croisée selon les 2 cadres : les implications didactiques et épistémologiques de la construction de significations partagées dans le cadre d'un débat scientifique. Les analyses de la phase 2 sont mises en dialogue, afin de raffiner encore les compréhensions construites, afin de produire une sorte de connaissance approchée du phénomène de sémiologie dans le contexte de ce débat argumentatif, lors d'un dispositif d'apprentissage par problématisation.

L'ANALYSE D'UN PREMIER EXTRAIT DU DEBAT

La partie analysée ici correspond à la présentation par le groupe 1 du schéma explicatif de la flexion du bras (tours de parole 1 à 54).

Les annexes 4 et 5 présentent un premier niveau d'analyse, celui du découpage de l'action/activité.

Si le découpage sur le plan chronologique est identique, la comparaison entre le synopsis de la TACD qui propose un découpage en jeu d'apprentissage et la macrostructure du débat qui propose un découpage en thèmes, relève des représentations différentes au niveau mésoscopique. La macrostructure du débat, qui n'est ni strictement logique ni strictement chronologique, mais qui est construite tout à la fois à partir des questions abordées dans le débat, des réponses apportées par les élèves et des objections formulées, nous permet de mettre en discussion le concept de chronogénèse en lui apportant une certaine épaisseur.

L'annexe 6. présente l'analyse en termes de TACD. Deux JA sont étudiés - JA1.1 et JA 1.2 - et pour chacun des 2 JA, un épisode significatif. Ces analyses mettent en évidence une élucidation progressive du milieu (schéma du groupe 1, annexe 2.) grâce au pointage de ses éléments saillants qui sont venus l'enrichir et le densifier. Ainsi, un système d'objets de nature hétérogène peut se mettre progressivement en place (os, muscles / contradictions, contraintes, nécessités). Tout se passe comme si des objets langagiers de raisonnement (traits pertinents comme l'identification du coude comme un os, et/ou des contradictions comme la non cohérence du schéma) étaient articulés à des objets matériels factuels (os, muscle, oxygène). Cette articulation concourt à la

production de significations partagées (contraintes comme le caractère rigide de l'os et/ou des nécessités comme la présence de plusieurs os) et relève de la sémiose. Les objets manipulés ont un statut d'objet d'investigation scientifique et la succession des JA permet d'accéder progressivement à une ébauche de modèle (les nécessités en tant qu'hypothèse). Pour autant et à ce stade, les échanges relatifs à ce début de séance se passent dans le Registre des objets et des événements (ROE), ce qui contribue à poser le problème de la flexion du bras du côté du fonctionnement anatomique et qui engage de fait une forme d'explication de type mécaniste. L'annexe 7. présente l'analyse en termes de MSC. Un cadre commun d'activité se construit progressivement à travers la négociation de la signification de l'activité attendue des élèves (explication, description, construction d'hypothèses), dont témoigne la construction d'un positionnement énonciatif pertinent au regard de l'activité scientifique attendue. Simultanément, les discussions des élèves permettent de construire différents objets de discours qui, même s'ils portent sur un objet facile à observer (le bras plié, déplié au niveau du coude), nécessitent un partage de signification, notamment quand il s'agit de distinguer ce qui relève de l'empirique (le bras, le coude) de ce qui relève du modèle (les os qui ne sont pas directement observables). Il y a là des processus de sémiose. Enfin, dans ce processus de construction de signification partagée, nous avons mis en évidence le début de la construction du problème de l'articulation avec la construction de la nécessité d'une « armature interne » : les os qui rendent le bras rigide. Ainsi, ces deux analyses nous paraissent complémentaires du point de vue de la mise en regard qu'elles nous permettent d'établir entre :

- d'une part, avec les outils de la TACD, les dynamiques de structuration du milieu en lien avec l'action didactique de l'enseignant ;
- d'autre part, avec les outils de la MSC, les dynamiques de structuration des contextes en lien avec l'activité des élèves et les réorientations progressives de cette activité au cours du débat scientifique ainsi que les négociations autour de la signification de certains objets d'étude.

Il nous semble, qu'en plus de réinterroger certaines notions de nos cadres (contexte, milieu, positionnement énonciatif, topogénèse), nous avons les moyens de viser la compréhension, non plus seulement d'une action conjointe, mais bien d'une co-activité du professeur et des élèves.

BIBLIOGRAPHIE

- Bakhtine, M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Paris : Gallimard.
- Bronckart, J.-P. (1996). *Activité langagière, textes et discours. Pour un interactionnisme socio-discursif*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Grize, J.-B. (1996). *Logique naturelle et communication*. Paris : PUF.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction de connaissances à l'école : un exemple en sciences*. Pessac : Presses universitaires de Bordeaux.
- Jaubert, M & Rebière, M. (2001). Pratiques de reformulation et construction de savoirs. *Aster* 33, 81-110.
- Lhoste, Y. & Orange, C. (2015). Quels cadres théoriques et méthodologiques pour quelles recherches en didactique des sciences et des technologies ? *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 11, 9-24.
- Lhoste, Y. (2017). *Épistémologie et didactique des SVT*. Bordeaux : Presses universitaires de Bordeaux
- Marlot, C. (2008). *Caractérisation des transactions didactiques : deux études de cas en découverte du monde vivant au cycle 2*. Thèse de doctorat, Université Euro-

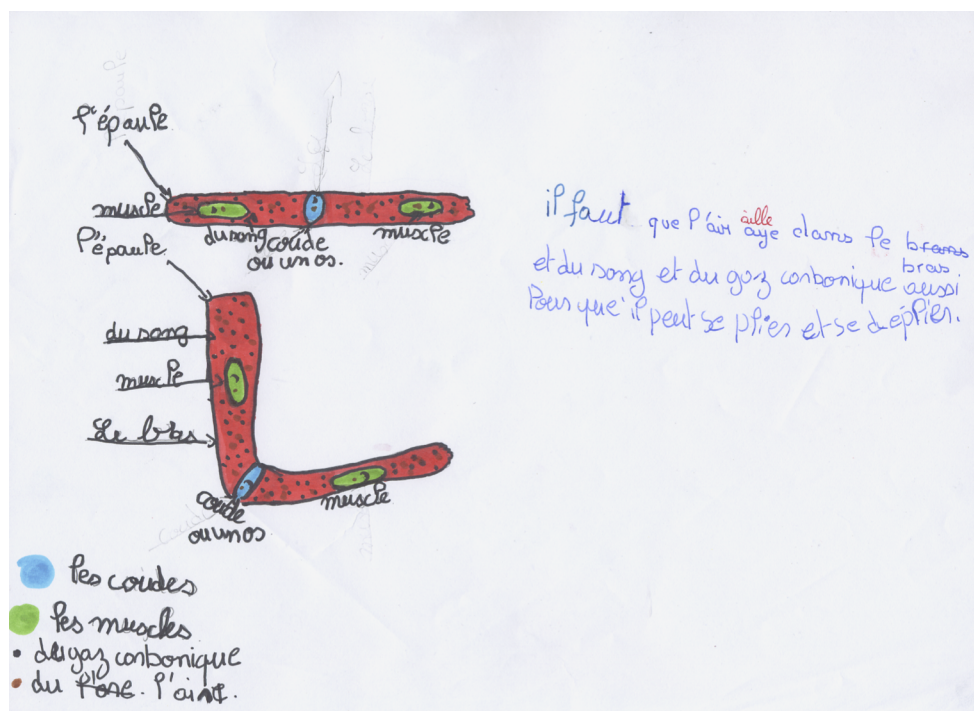
- péenne de Bretagne : Rennes 2.
- Marlot, C. (2014). Le processus de double sémiotisation au cœur des stratégies didactiques du professeur. Une étude de cas en découverte du monde vivant au cycle 2. *Revue Suisse des Sciences de l'Éducation*, 36 (2), 307-332.
- Mercier, A., Schubauer-Leoni, M. & Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue Française De Pédagogie*, 141, 5-16.
- Orange, C. (2010). Études de situations « forcées ». Quelles méthodes pour les recherches didactiques s'appuyant fortement sur les productions des élèves et de la classe ? In *Actes de l'AREF 2010*, Genève.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.
- Santini, J. & Crépin-Obert, P. (2015). Analyse comparée de séances de géologie à l'école primaire. Problématisation et action conjointe élève-professeur, *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 11, 25-52.
- Schneeberger, P. & Vérin, A. (2009). *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : INRP.
- Schneuwly, B. (2000). Les outils de l'enseignant, un essai didactique. *Repères*, 22, 19-38.
- Sensevy, G. & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir. Éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Tiberghien, A., Malkoun, L., Buty, C., Souassy, N. & Mortimer, E. (2007). Analyse des savoirs en jeu en classe de physique à différentes échelles de temps. In G. Sensevy & A. Mercier (éd.). *Agir ensemble : L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.

ANNEXE 1. LA SÉQUENCE DONT EST EXTRAITE LE DÉBAT QUI DONNE LIEU À L'ANALYSE

COMPARATIVE (FOCUS SUR LA PHASE 3)

Phases du projet	Productions obtenues
Phase 1 : Prise d'explication individuelle portant sur une question de fonctionnement.	Production individuelle et écrite d'un schéma annoté, à partir de la question de fonctionnement suivante : Comment le bras peut-il se plier et se déplier au niveau du coude ?
Phase 2 : Prise d'explication par groupes homogènes du point de vue conceptuel.	Production par chaque groupe, d'un nouveau schéma (même question que lors de la phase 1).
Phase 3 : Débat visant la position du problème par l'explicitation et l'analyse, par le groupe-classe, des différents modèles produits Séances 3 et 4	Production orale : enregistrement des propos tenus au cours du débat. Production écrite sur affiche d'un récapitulatif de ce que pense le groupe et des critiques émises par le groupe-classe.
Phase 4 : Débat visant la construction du problème par l'émergence des contraintes et nécessités significatives pour la classe, et leur mise en relation.	Production orale : enregistrement des propos tenus au cours du débat. Production écrite sur affiche présentant les contraintes et les nécessités en jeu dans la classe, et leur mise en relation.
Phase 5 : Résolution du problème par : <ul style="list-style-type: none"> - recherche d'informations dans des documents experts ; - mise en relation de ces informations avec l'espace de contraintes ; - reconstruction d'un nouveau modèle. 	Production orale : enregistrement des propos tenus au cours du débat visant la mise en relation des informations fournies par les documents experts, avec l'espace de contraintes. Production écrite sur affiche présentant les informations significatives retenues. Nouvelle production individuelle et écrite d'un schéma annoté.

ANNEXE 2. PRODUCTION DE GROUPE 1 DISCUTÉE DANS L'ÉPISODE ANALYSÉ



ANNEXE 3. INDICATEURS DE CARACTÉRISATION DE LA TOPOGÉNÈSE

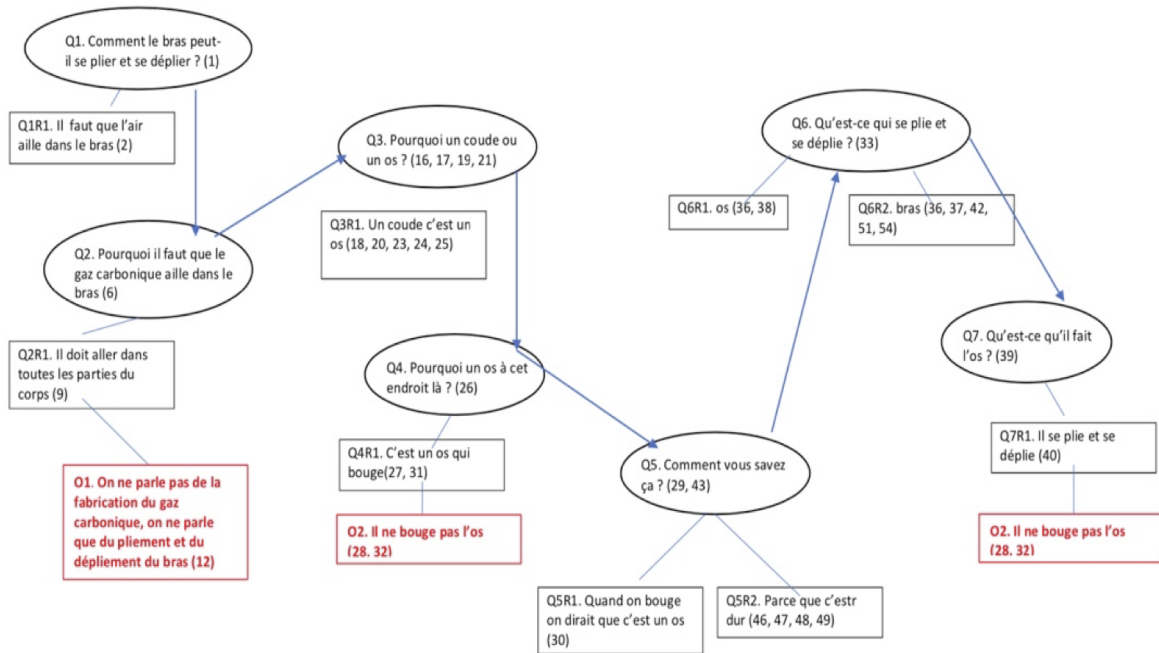
Position topogénétique		Réticence didactique		Reformulation	
AN	Analyse (donne à voir son rapport au savoir)	RD+	Réticent (ne donne à voir aucun élément de savoir)	1	Paraphrastique (à l'identique)
AA	Analyse-Accompagnement (position intermédiaire)	RD+-	Réticence modérée	2	Non paraphrastique
AC	Accompagnement (aide les élèves à exprimer leur rapport au savoir en jeu)	RD-	Non réticent	3	Formulation inédite (première)

ANNEXE 4. SYNOPSIS DE LA PARTIE 1 DE LA PHASE 3 DE LA SÉQUENCE (TOURS DE PA-ROLE 1 À 54) – POINT DE VUE DE LA TACD

PARTIE	SCENES/Jeux d'Apprentissage (JA)	EPISODES significatifs
1 Présentation affiche groupe 1 (G1)	1.1 Présentation du modèle : de la question de l'air dans le bras à celle de l'os-coude. <i>Tdp 2 à 20</i>	1.1.1 Trait pertinent « coude ou os » P s'appuie sur la remarque d'un élève pour relever le trait pertinent relatif à la distinction lexicale entre os ou coude. Est-ce la même chose ?
	1.2 Discussion sur l'équivalence coude/os Mobilisation de la technique de la palpation par les élèves pour savoir ce qui se plie : l'os ou le coude. Les avis restent partagés. <i>Tdp 21 à 52</i>	1.2.1 Apparition d'une première contrainte Un élève du G1 établit que ce qui est dur à l'intérieur du bras, ce sont des os.

ANNEXE 5. MACROSTRUCTURE DU DÉBAT DE LA PARTIE 1 DE LA PHASE 3 (TOURS DE

PAROLE 1 À 54) – MSC



ANNEXE 6. ANALYSE EN TERMES DE TACD

copie	contrat/milieu	classe de repérer les traits saillants du modèle explicatif du groupe 1 : le rôle de l'O2 qui fait gonfler les muscles et la présence d'un os (ou d'un coude) sont responsables du mouvement de flexion.									
	1.1 ntation du e : de la on de l'air le bras à de l'os-	Registres mobilisés selon le modèle de la théorie des 2 mondes (registre objets-événement/registre des théories et des modèle)	Les élèves se situent principalement dans le registre des objets (O2, muscle, coude-os) et des événements (palpation_flexion du bras_dureté de l'os), mais ils mobilisent en même temps le registre des théories et des modèles (l'O2 fait gonfler avec la mobilisation du modèle analogique des poumons).								
in copie	Triplet des genèses	Mésogénèse	L'attention des élèves va être attirée par une élève, Gwen, sur certains objets du milieu-schéma qui cristallisent un enjeu central du savoir : l'articulation coude/os ; ce qui représente un trait pertinent.								
		Topogénèse	D'un point de vue topogénétique, on observe une sorte de trilogue entre le professeur, les élèves du groupe 1 et la classe. En termes de partage des responsabilités, le professeur va relayer le trait pertinent relevé par Gwen pour amener les élèves du groupe 1 à expliciter la confusion coude/os pour faire advenir la question : cet os est-il assimilable au coude ? L'évolution de sa topogénèse dans les 2 tours de parole (AA/RD+2 → AN/RD+/-3), contribue à établir dans la classe cette question comme une question pertinente, à soumettre à la réflexion collective.								
		Chronogénèse	Cette évolution de la position topogénétique et du partage des responsabilités vis à vis du savoir selon le trilogue contribue à produire une avancée chronogénétique : sélection d'un fait scientifique (l'os du coude) dans la caractérisation du mouvement de flexion.								
sode 1.1.1 pertinent le ou os »			<table border="1"> <tr> <td>Gwen (élève d'un autre groupe) : Pourquoi vous avez écrit « un coude ou un os » ?</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P : Pourquoi l'un ou l'autre ?</td> <td>AA/RD+2</td> </tr> <tr> <td>Morg (élève du groupe 1) : Un coude, c'est un os.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P : Pourquoi vous avez marqué « ou » ?</td> <td>AN/RD+/-3</td> </tr> </table>	Gwen (élève d'un autre groupe) : Pourquoi vous avez écrit « un coude ou un os » ?		P : Pourquoi l'un ou l'autre ?	AA/RD+2	Morg (élève du groupe 1) : Un coude, c'est un os.		P : Pourquoi vous avez marqué « ou » ?	AN/RD+/-3
Gwen (élève d'un autre groupe) : Pourquoi vous avez écrit « un coude ou un os » ?											
P : Pourquoi l'un ou l'autre ?	AA/RD+2										
Morg (élève du groupe 1) : Un coude, c'est un os.											
P : Pourquoi vous avez marqué « ou » ?	AN/RD+/-3										

Grain mésoscopique	Dialectique contrat/milieu	La dialectique du contrat (dire ce qui se plie) et du milieu (le bras de l'élève investigué par palpation) permet à l'élève Sam de faire émerger une contrainte : l'os est dur. Néanmoins, les avis restent partagés dans la classe pour savoir si on peut assimiler l'os au coude.									
JA 1.2 Discussion sur l'équivalence coude/os	Registres mobilisés selon le modèle de la théorie des 2 mondes (registre objets-événement/registre des théories et des modèle)	Les élèves se situent dans le registre des objets (os du coude) et des événements (palpation qui permet de percevoir une caractéristique de l'os).									
Grain microscopique	Triplet des genèses	Mésogénèse	Le milieu initial (le schéma du groupe 1) s'est enrichi d'un nouvel objet (le bras de l'élève Sam). La mise en relation des 2 objets schéma-bras (par l'élève) fait émerger implicitement la notion de modèle et les limites de la représentation.								
		Topogénèse	D'un point de vue topogénétique, il y a coconstruction P-élève de la première contrainte (l'os est dur) : l'initiative de la palpation par Sam va être soutenue par la médiation langagière du P. L'analyse des configurations topogénétiques montre que le P fait varier 5 fois sa posture topogénétique sur seulement 2 tours de parole en alternant une posture d'accompagnement en appui sur les propos de l'élève avec une posture d'analyse où il force le raisonnement de Sam.								
		Chronogénèse	Ces déplacements topogénétiques, associés à une équilibration didactique (contrat/milieu) favorise l'avancée chronogénétique avec la production d'une première contrainte.								
Episode 1.2.1 Apparition d'une première contrainte			<table border="1"> <tr> <td>Sam (42) : C'est le bras. Quand je touche, c'est un os mais c'est le bras qui plie</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P : Quand tu dis « quand je touche, c'est un os », qu'est-ce qui te fait dire que c'est un os ?</td> <td>AC/RD+1 AN/RD+/-2</td> </tr> <tr> <td>Sam : Parce que c'est dur.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P : C'est dur. / Est-ce qu'il y a une autre raison ? / Tu remarques qu'il y a quelque chose de dur donc tu dis que c'est un os. / C'est ça ?</td> <td>AC/RD+1 AN/RD+/-3 AA/RD+2</td> </tr> </table>	Sam (42) : C'est le bras. Quand je touche, c'est un os mais c'est le bras qui plie		P : Quand tu dis « quand je touche, c'est un os », qu'est-ce qui te fait dire que c'est un os ?	AC/RD+1 AN/RD+/-2	Sam : Parce que c'est dur.		P : C'est dur. / Est-ce qu'il y a une autre raison ? / Tu remarques qu'il y a quelque chose de dur donc tu dis que c'est un os. / C'est ça ?	AC/RD+1 AN/RD+/-3 AA/RD+2
Sam (42) : C'est le bras. Quand je touche, c'est un os mais c'est le bras qui plie											
P : Quand tu dis « quand je touche, c'est un os », qu'est-ce qui te fait dire que c'est un os ?	AC/RD+1 AN/RD+/-2										
Sam : Parce que c'est dur.											
P : C'est dur. / Est-ce qu'il y a une autre raison ? / Tu remarques qu'il y a quelque chose de dur donc tu dis que c'est un os. / C'est ça ?	AC/RD+1 AN/RD+/-3 AA/RD+2										

ANNEXE 7. ANALYSE EN TERMES DE MSC

1	Présentation affiche groupe 1	
2	E : Comment le bras peut-il se plier et se déplier au niveau du coude ? A vous de présenter ce que vous avez fait.	Appel une explication. Inscription des élèves dans une activité scientifique
3	Morgane (lit ce qui est écrit) : Il faut que l'air aille dans le bras et du sang et du gaz carbonique aussi pour qu'il peut se plier et se déplier.	Positionnement énonciatif (PE) : modalisation logique. Inscription des élèves dans une activité scientifique
4	E : Qu'est-ce que vous avez représenté ?	Réorientation de l'activité des élèves vers la description
5	Morgane (montre sur le schéma) : ici c'est le bras déplié, en rouge c'est du sang, là c'est l'épaule, là c'est le coude ou un os, ça c'est les muscles ici aussi et les petits points noirs, c'est le gaz carbonique. Le gaz carbonique et l'oxygène de l'air. Là c'est le bras plié.	Inscription des élèves dans la description : « Ici... c'est... » ET « là... c'est... ».
6	Mariem : Pourquoi il faut du gaz carbonique qui aille dans...	
7	Morgane : Ben l'air, il doit aller dans les bras.	PE : modalisation déontique qui ne correspond pas exactement à l'activité attendue. Interprétation : parasitage par le travail réalisé à la séquence précédente sur la nutrition.
8	Mariem : Mais pourquoi du gaz carbonique ?	
9	Samira : Il doit aller dans toutes les parties du corps.	PE : modalisation déontique - idem
10	Morgane : Quand on a travaillé, c'était marqué...	
11	Mariem : C'était la fabrication.	
12	Marina : Nous, on ne parle pas de la fabrication du gaz carbonique, on parle que du pliement et du dépliement du bras.	PE : Prise en charge énonciative qui contribue à la schématisation par rapport à l'objet d'étude de la séquence : le mouvement du bras / avant-bras.
13	Morgane : quand on a fait un travail C'était marqué : le gaz carbonique doit aller dans toutes les parties du corps.	Reprise à l'identique 10. PE : modalisation déontique –. Signale des plusieurs interprétation possible du travail attendu, contribue à la négociation de l'objet d'étude
14	Mariem : Je ne suis pas d'accord. C'était l'oxygène qui doit aller dans toutes les parties du corps.	PE : modalisation déontique – idem (la nécessité d'une distribution dans tous les corps est posée dans cette séquence comme une donnée hors question)

15	E : Oui c'est l'oxygène.	
16	Gwendoline : Pourquoi vous avez écrit « un coude ou un os » ?	Reprise de la réorientation engagée par Marina en 12. Focalise l'attention sur le couple objet de discours (OD) « coude » et OD « bras ».
17	E : Pourquoi l'un ou l'autre ?	Accentuation par l'enseignant qui signale l'importance de s'engager dans la négociation de la signification OD « coude » / OD « ps »
18	Morgane : Un coude, c'est un os.	OD « Os » équivalent à OD « coude »
19	E : Pourquoi vous avez marqué « ou » ?	
20	Morgane : On peut dire « là c'est un os » ou « là c'est un coude ».	OD « Os » équivalent à OD « coude »
21	E : Est-ce que vous pensez que le coude, c'est un os ? Est-ce que vous avez mis qu'il y a un os à cet endroit-là ?	Met en question l'équivalence OD « os » - OD « coude »
22	Morgane : Oui.	OD « Os » équivalent à OD « coude »
23	Mariam : Alors le coude et l'os, c'est pareil.	
24	E : Ce sont deux mots qui ont le même sens.	
25	Samira : Oui.	OD « Os » équivalent à OD « coude »
26	E : Alors pourquoi un os à cet endroit-là ?	Réorientation du questionnement, avec un questionnement en « pourquoi »
27	Morgane : C'est un os qui bouge quand on déplie et quand on plie.	« Un os qui bouge » : raisonnement de type intra-objectale. La caractéristique du « on » (= le bras (: plier/déplier ?) est reportée sur un élément à l'intérieur du bras (l'os)
28	Flavien : Il bouge pas, l'os.	
29	E : Comment vous savez ça ?	
30	Samira (touche son bras) : Quand on touche, on dirait que c'est un os.	PE : signale le doute, inscription dans des pratiques scientifiques : on touche : le bras (registre empirique) – on dirait que c'est un os (registre du modèle).
31	Morgane : Il bouge, l'os.	
32	Maurane : Non, il se plie et se déplie, il ne bouge pas.	OD « os » -> raisonnement de type intra-objectale.
33	E : Qu'est-ce qui se plie et se déplie ?	Focalisation par l'enseignant qui signale l'importance de s'engager dans la recherche de « ce qui plie » (en lien avec l'équivalence signalée plus haut OD « os » / OD « coude »)
34	Plusieurs : L'os.	OD « os » -> raisonnement de type intra-objectale

35	E : L'os ou le bras ?	Focalisation par l'enseignant qui signale l'importance de s'engager dans la recherche de « ce qui plie » en changeant les objets de discours OD « coude » est remplacé par OD « bras »
36	Plusieurs : L'os – Samira : Le bras.	Le désaccord est explicite : ce qui permet de partager collectivement un problème. Sur le plan des significations, cela pointe la difficulté à construire les relations de signification entre le bras (ce que l'on voit) et l'os (que l'on ne voit pas)
37	E : C'est le bras qui plie et déplie.	
38	Flavien : Je ne suis pas d'accord.	PE : Le désaccord est pris en charge sur le plan énonciatif.
39	E (à Morgane) : L'os qui est là, qu'est-ce qu'il fait ?	
40	Morgane : Il se plie et se déplie (fait le geste en même temps).	OD « os » -> raisonnement de type intra-objectale
41	E (à Samira) : Et toi, tu disais ?	
42	Samira : C'est le bras. Quand je touche, c'est un os mais c'est le bras qui plie.	Tentative de distinction entre ce que Samira sent par le toucher : OD « os » et ce qui plie : OD « bras ». Amorce le travail de construction du problème par distinction entre RE/RM
43	E : Quand tu dis « quand je touche, c'est un os », qu'est-ce qui te fait dire que c'est un os ?	
44	? : Parce que c'est dur.	Ebauche de la construction d'un modèle contraint empirique OD : « c'est dur » qui signifie « le bras est rigide » - nécessité sur le modèle « l'os »
45	E : ?	
46	Samira : Parce que c'est dur.	
47	E : C'est dur. Est-ce qu'il y a une autre raison ? Tu remarques qu'il y a quelque chose de dur donc tu dis que c'est un os. C'est ça ?	Reprise de 46. Explicitation du raisonnement de Samira
48	Samira : Oui.	
49	E : Vous direz après votre avis, ce n'est pas forcément le même, elle dit « il y a un os là » parce que elle touche et elle dit « c'est dur ».	Pointe la distinction qui avait été ébauchée par Marina
50	Flavien : Tout à l'heure, j'étais pas d'accord parce que l'os, il reste ici (montre le coude), il va pas aller là, là, là...	Signale la difficulté/ ce dont on parle OD « os » - OD « bras »

51	Marina : Elles ont dit que quand le bras pliait et déliait, l'os, il bougeait, mais là (montre le schéma) il bouge pas, le coude.	C'est le bras qui se plie et se délie. Le coude / os, lui ne bouge pas. Reprise des distinctions OD « bras » - OD « os » - OD « bras »
52	E : Tu veux dire, il ne bouge pas, il ne change pas de place.	
53	Marina : Le coude, elles ont dit qu'il bougeait comme ça.	
54	E : Je crois que Morgane a changé d'avis, elle a dit que c'était le bras qui pliait. Est-ce que vous avez des questions à poser, des remarques à faire ?	

MOBILISATION DE LA DÉRIVÉE EN CINÉMATIQUE : MODÉLISATION ET REGISTRES SÉMIOTIQUES

Amel May¹, Kaouther Rassaa², Neila Rassaa³

1 : Education, Cognition, Tice et Didactique (ECOTIDI – UR16ES10)

2 : Laboratoire de Physique de la matière Condensée [Tunis] (LPMC)

3 : Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricole [Tunis] (IRESA)

Résumé : Cet article présente les premiers résultats d'une étude sur la mobilisation de la notion de dérivée en cinématique. Cette mobilisation sera examinée en utilisant l'approche de Tiberghien de la modélisation et les représentations sémiotiques de Duval.

Cette étude est basée sur un questionnaire administré à des élèves de 3^{ème} année de secondaire après l'enseignement de la partie cinématique. L'analyse des principaux résultats montre que les élèves ne pensent pas à mobiliser spontanément la dérivée dans un cadre cinématique. Le recours à la dérivée dans une démarche de modélisation, lors du changement de registre ou pour l'articulation des différents registres, est peu fréquent. Ceci conduit alors à une focalisation dans un seul registre sémiotique. Cette focalisation, qui correspond selon Duval à une simple activité de traitement, est insuffisante pour garantir la compréhension de la cinématique.

Mots clés : dérivée, cinématique, modélisation, registres sémiotiques.

MOBILIZATION OF THE DERIVATIVE ON KINEMATIC: MODELLING AND SEMIOTIC REGISTERS

Abstract: This article presents the first results of a study on the mobilization of the derivative notion in kinematics. This mobilization will be examined using theoretical elements borrowed from the theory of two worlds of Tiberghien, and from Duval's semiotic registers. This research is based on a questionnaire administered to students in the third year of secondary school after teaching the cinematic part. Analyses of the main results reveal difficulties in spontaneously mobilizing the derivative in mechanical modelling activities which invite the articulation of semiotic registers.

Keywords: derivative, kinematic, modelling, semiotic registers.

INTRODUCTION

La cinématique définie comme l'étude du mouvement des objets sans se préoccuper des causes qui les engendrent (Arons, 1990), constitue une partie importante de l'enseignement des sciences physiques au niveau secondaire. Les concepts de temps, de vitesse et d'accélération qu'elle introduit constituent des préalables à l'apprentissage des concepts de la mécanique. Cependant, nombreuses recherches didactiques déplorent l'emphase mise dans l'enseignement de la cinématique sur les aspects mathématiques. Ainsi, Arons (1990) trouve que la cinématique est souvent abordée à l'aide d'une mathématisation à laquelle les élèves ne sont pas habitués. En effet, le procédé pédagogique courant consiste, selon certains auteurs (Trempe, 1989 ; De Vecchi, 2006 et Van Ausdal, 1988) à amener les élèves, au début de l'étude de la cinématique, à effectuer des calculs à l'aide des formules pour obtenir les expressions et les valeurs de la vitesse et de l'accélération. Or, il apparaît que les élèves effectuent souvent ces diverses opérations sans une réelle compréhension de ce qu'ils font. Il nous paraît que l'enseignement de la cinématique ne doit pas se limiter à l'acquisition d'habiletés opératoires et à l'utilisation d'un certain nombre d'outils mathématiques. Il doit viser la compréhension du sens de ces outils pour assurer une compréhension solide et flexible des concepts cinématiques. Dans cette étude, nous souhaitons examiner la façon dont l'outil dérivée est mobilisé par les élèves dans un contexte cinématique.

CADRE THÉORIQUE

Étudier la mise en œuvre, par les élèves, de l'outil mathématique « dérivée », dans la rationalisation du comportement cinématique d'un objet physique renvoie explicitement à l'analyse de leur démarche de modélisation. Parmi les outils didactiques qui se sont attelés, depuis désormais plus de vingt ans, à rationaliser cette démarche, nous avons choisi de se référer au cadre théorique « des deux mondes » proposé par Tiberghien (1994) en sciences physiques.

Tiberghien considère que l'activité de modélisation met en jeu deux mondes : celui des objets et des événements et celui des théories et des modèles. Le monde d'objets et d'événements (M.E) se réfère aux aspects observables du monde matériel, tandis que le monde des théories et des modèles (M.M) se réfère aux aspects théoriques (les théories, les outils symboliques, les significations construites, les conditions d'utilisation et le champ de validité du ou des modèles). La construction du sens des concepts de la physique, selon Tiberghien (1995), nécessite l'établissement des liens entre ces deux mondes.

Cette hypothèse conduit à considérer que les difficultés des élèves portent majoritairement sur cette activité d'articulation entre le « monde réel » et le monde des « modèles et théories ». Ils peuvent posséder des connaissances développées au sein de chaque monde sans pouvoir établir des relations entre les deux (Lemeignan & Weil-Barais, 1993).

L'activité de modélisation des phénomènes cinématiques par l'intermédiaire de la dérivée conduit à mettre en œuvre une variété très importante de représentations qui ne reflètent pas les mêmes aspects du concept de la dérivée. Ceci nous a conduits à mobiliser le cadre des registres sémiotiques de Duval (1995).

Un registre sémiotique est considéré comme étant un système de représentations qui permet les trois opérations suivantes (Duval, 1995, p. 41-42) :

1. La formation d'une représentation qui correspond au « recours à un (ou plusieurs) signe(s) pour actualiser la visée d'un objet ou pour se substituer à la visée de cet objet.
2. Le traitement d'une représentation est la transformation de cette représentation dans le registre même où elle a été formée. C'est une activité interne au registre de représentation de départ.
3. La conversion d'une représentation est la transformation de cette représentation en une représentation d'un autre registre... » (p. 41). La conversion est donc une activité qui est externe par rapport au registre de la représentation de départ.

Dans le cadre de notre étude, nous nous limiterons aux registres sémiotiques qui peuvent être utilisés dans l'apprentissage de la cinématique à savoir :

- le registre du langage naturel (L.N) qui peut être utilisé pour définir ou exprimer les notions et également pour interpréter les situations proposées ;
- le registre des formulations mathématiques (F.M) qui mobilise les symboles qui permettent de représenter les grandeurs cinématiques et les relations entre les différentes grandeurs cinématiques, c'est-à-dire les expressions mathématiques et les lois ;
- le registre des représentations graphiques (R.G) qui sont des représentations des variations des grandeurs mesurables. Ce registre permet aussi de présenter le tracé de la tangente d'une courbe et d'établir des relations de dépendance entre les grandeurs cinématiques.

Selon Duval (1995), l'apprentissage des mathématiques, nécessite le recours à une activité mettant en jeu au moins deux représentations quelconques d'un même concept. Cependant, il ajoute que la construction de la signification de ce concept ne se limite pas à la mobilisation de différentes représentations l'exprimant dans des registres sémiotiques différents, mais qu'il faut surtout une activité assurant le passage d'une représentation à une autre et donc, la coordination entre ses différentes représentations.

À partir de ces éléments théoriques nous proposons d'examiner le sens que les élèves attribuent au concept de dérivée dans un contexte cinématique. Plus précisément, notre attention sera portée sur la prise en compte de ce concept, tant dans l'articulation entre les registres sémiotiques qui y sont associés, que dans les mises en relation entre le « monde des objets et événements » et le « monde des théories et modèles ».

MÉTHODOLOGIE

RECUEIL DES DONNÉES

Les données concernant cette étude se composent de 120 questionnaires passés dans cinq classes différentes de 3ème année secondaire (élèves âgés de 17 à 19 ans). Ces classes appartiennent à quatre lycées de différentes régions (Tunis, Manouba et Sfax). Les questionnaires ont été administrés, pendant environ quarante minutes, après enseignement de la partie réservée à la cinématique de translation. Les élèves étaient informés que le questionnaire ne serait pas noté et que toutes leurs justifications étaient importantes. Nous avons opté pour l'anonymat afin de garantir l'expression spontanée des élèves. Néanmoins nous avons attribué à chaque élève un numéro afin de suivre la cohérence de ses réponses aux différentes questions.

ÉLABORATION D'UN QUESTIONNAIRE

Après avoir élaboré une première version du questionnaire, nous avons discuté avec des enseignants de sa formulation et de sa faisabilité, ce qui a permis de récolter un certain nombre de conseils portant surtout sur la formulation des questions. La prise en compte de ces conseils a permis l'élaboration d'une deuxième version modifiée. Ensuite, nous avons testé cette deuxième version avec un échantillon réduit de trois élèves de troisième année. Cette étape a permis de tester la formulation des questions posées, les consignes et d'évaluer de façon concrète et réaliste, bien sûr dans un contexte de classe, le temps de réponse : la version définitive du questionnaire étant prête.

Le questionnaire est composé de six situations cinématiques diversifiées. Deux questions ouvertes ont porté sur la signification de la notion de dérivée dans un cadre mathématique puis dans un cadre cinématique. Ces deux questions visent l'identification des représentations sémiotiques mobilisées par les élèves, relatives à cette notion. Les autres questions sont à choix multiples assorties de demande de justification, laissant le choix aux élèves de mobiliser spontanément ou non la notion de dérivée. Ces questions se réfèrent au mouvement d'objets quotidiens mettant en jeu différents aspects liés à la dérivée et offrent la possibilité d'articuler différents registres de représentation de cette notion.

Question	Évènement en jeu	Mobilisation de la dérivée sollicitée
Troisième	Mouvement rectiligne d'une voiture	Analyser les courbes exprimant la variation temporelle de la vitesse et de l'accélération pour en extraire des informations quant au taux de variation de la vitesse et au signe de l'accélération.
Quatrième	Mouvement rectiligne uniformément varié d'un train	Crypter la relation entre la vitesse et de l'accélération par recours aux courbes représentatives de leurs variations temporelles.
Cinquième	Mouvement de chute libre d'une balle	Identifier la grandeur cinématique qui s'annule lorsque la position est maximale.
Sixième	Mouvement circulaire uniforme d'un train	Identifier la grandeur cinématique qui s'annule lorsque la position est maximale.

Tableau 1 : Tableau présentatif de questions constituant le questionnaire.

LA MÉTHODE D'ANALYSE

Les réponses ont été classées en trois grandes catégories. La première catégorie que nous codons par NE contient les réponses qui n'évoquent pas le concept de dérivée. La deuxième catégorie notée E renferme les élèves qui ont évoqué la notion de dérivée dans l'un des registres sémiotiques (L.N, F.M et R.G) soit de manière assertorique, soit dans une activité de traitement. La dernière catégorie, notée EE, englobe les réponses qui évoquent le concept de la dérivée et le mettent en œuvre dans l'articulation « empirique-théorique » ou dans la mise en relation des différents registres sémiotiques. Nous distinguons, dans ce dernier cas, l'activité de conversion qui correspond à une mise en relation de deux registres sémiotiques de l'activité d'articulation qui relie les trois registres au même temps.

Le tableau suivant regroupe les trois catégories, avec leurs codes :

Absence d'évocation NE	Évocation E			Évocation et exploitation EE			
	L.N	F.M	R.G	Conversion			Modélisation
				L.N ↔ R.G	L.N ↔ F.M	R.G ↔ F.M	

Tableau 2: Grille d'analyse adoptée

PRINCIPAUX RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE

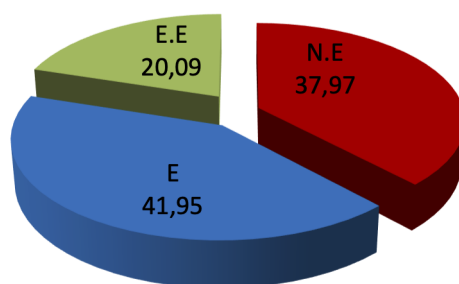


Figure 1 : Distribution des différents types de réponses sur toutes les situations

Répartition des différents types d'évocation de la dérivée

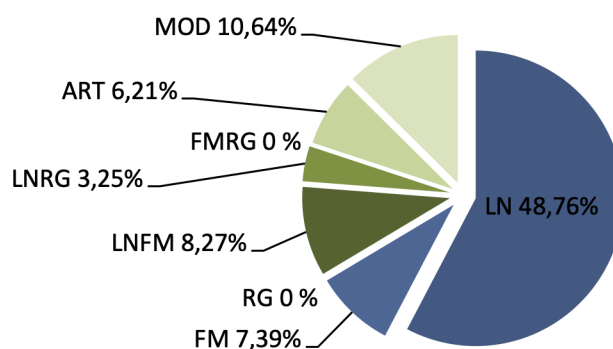


Figure 2 : Répartition des différentes manières d'évocation de la dérivée

Le premier camembert montre que 37,97 % des élèves n'ont pas évoqué la notion de dérivée dans les explications et les justifications données (N.E). Ils ont plutôt utilisé les caractéristiques et les lois du mouvement rectiligne uniformément varié ou ceux d'un mouvement circulaire uniforme, établies empiriquement dans les années précédentes.

Le premier camembert montre aussi que presque les 2/3 des élèves interrogés ont évoqué la notion de dérivée. Ils étaient 20,09 % à mettre en œuvre cette notion dans une mise en relation entre le « monde des objets et événements » et le « monde des théories et modèles » ou entre

les différents registres sémiotiques. Le reste de ces élèves ont utilisé la notion de dérivée dans ce que Duval nomme activité de traitement ou de formulation.

Le deuxième camembert montre que ces deux activités s'effectuent majoritairement dans un registre de langage naturel. Il y a peu de traitement et de formulation dans le registre de formulations mathématiques et une absence totale du registre des représentations graphiques.

Ce deuxième camembert montre aussi que seul 10,64 % des élèves ont évoqué et exploité la notion de dérivée que l'on associe à une activité de modélisation « empirique-théorique ». Le reste des réponses proposées par cet échantillon est resté confiné dans le « monde des théories et modèles » : 11,52 % de ces élèves ont associé la mobilisation de la dérivée à une activité de conversion entre deux registres sémiotiques. Dans cette activité, la coordination entre L.N \leftrightarrow F.M est notamment la plus utilisée alors que l'articulation entre R.G \leftrightarrow FM est complètement absente.

L'utilisation de la dérivée dans une activité d'articulation entre les trois registres sémiotiques ne dépasse pas 6,21 %.

Il semble, au vu de ces résultats, que les élèves ne sont pas en mesure de mobiliser la dérivée dans une démarche de modélisation : les changements qui s'opèrent lors des mouvements étudiés ne sont pas traduits mathématiquement en termes de dérivée.

Le processus de modélisation mis en œuvre par les élèves se réduit à un passage direct de l'identification des grandeurs mises en jeu dans le phénomène étudié vers l'énoncé et l'application des règles de calcul des dérivées reliant ces grandeurs. La traduction des aspects covariants de la situation réelle en termes de dérivée et l'interprétation des résultats mathématiques à l'égard de la situation de départ, sont absentes dans le raisonnement des élèves. C'est pourtant, dans l'idée de changement, plus précisément les variations concomitantes de deux grandeurs cinématiques, que le concept de dérivée prend tout son sens.

Il apparaît clairement, de l'infime utilisation de la notion de dérivée dans une activité d'articulation ou de coordination entre les registres sémiotiques et de l'absence totale de la correspondance entre courbe (R.G) et équation mathématique (F.M), que les élèves éprouvent des difficultés à mobiliser la dérivée, à la fois dans plusieurs registres et dans un changement de registre. Ils préfèrent rester dans un travail de type mono registre. Or, selon Bloch (2002), travailler dans un seul registre, non seulement ne permet pas d'accéder totalement au concept, mais peut produire « des propriétés parasites qui ne sont pas celles du concept ... ».

Il ressort également de ces résultats, que la dérivée est faiblement mobilisée dans le registre graphique. Les réponses ont révélé que la lecture et l'interprétation des courbes de variation des grandeurs cinématiques se font faiblement en termes de dérivée. D'ailleurs, la représentation algébrique de la dérivée comme taux de variation instantané est nettement plus citée que sa représentation graphique : comme pente de la tangente. Pourtant, Sofronas *et al.* (2011) affirment que la représentation graphique de la dérivée, par son aspect visuel, permet de donner du sens à ce concept.

En résumé, on peut dire que les élèves préfèrent mobiliser la notion de dérivée dans le monde des modèles avec une focalisation sur un seul registre sémiotique. Ceci signifie que les élèves possèdent des connaissances relatives à ce concept mais qu'ils les utilisent de manière automatique et générique sans se référer au sens qu'elles portent. L'absence du sens se traduit dans les

réponses des élèves en termes d'erreurs et des difficultés commises : usage incorrect de la relation entre la dérivée nulle d'une grandeur et l'existence d'un extremum ; établissement d'une relation linéaire entre la grandeur et sa dérivée première ou seconde ; absence du lien entre la positivité/négativité de la dérivée d'une grandeur cinématique et la croissance/décroissance de cette grandeur...

CONCLUSION

L'analyse des réponses obtenues au questionnaire, grâce à la théorie des deux mondes de Tiberghien et à l'approche du Duval des registres sémiotiques, a permis de faire émerger un constat : les élèves éprouvent des difficultés à mobiliser spontanément la dérivée dans un contexte cinématique. Ils ne parviennent pas non plus à la réinvestir dans une démarche de traduction des données empiriques en un modèle mathématique. Quant au traitement de la dérivée, il serait réduit à une procédure sans signification puisque les élèves ne semblent pas disposer d'au moins deux registres sémiotiques différents pour produire la représentation de cet objet et qu'ils n'arrivent pas à passer "spontanément" d'un registre sémiotique à un autre.

Nous pensons que la propension à utiliser le registre du formalisme mathématique dans l'introduction de la notion de dérivée dans l'enseignement de la cinématique est en partie à l'origine de ces constats. La compréhension du sens attribué à cet outil mathématique doit forcément accompagner l'acquisition d'habiletés opératoires et la maîtrise des techniques de calcul. Il nous semble que l'enseignement doit mettre l'accent sur la représentation graphique de la notion de dérivée puisqu'elle permet de développer une intuition de ce concept. En effet, un travail qualitatif, dans des situations réelles, sur des représentations graphiques des mouvements, en termes de covariation de deux grandeurs cinématiques, permet d'articuler différents registres sémiotiques et de solliciter l'engagement dans un processus de modélisation.

BIBLIOGRAPHIE

- Arons, A. B. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. New York, NY : John Wiley et Sons.
- Bloch, I. (2002). Un milieu graphique pour l'apprentissage de la notion de fonction au lycée. *Petit x*, *58*, 25-46.
- De Vecchi, G. (2006). *Enseigner l'expérimental en classe*. Paris, France : Hachette Éducation.
- Duval, R. (1993). Registre de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annale de didactique et de sciences cognitives*, *5*, 37-65.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine: registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Berne, Suisse : Peter Lang.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris, France : Hachette Education.
- Sofronas, K. S., De Franco, T. C., Vinson Haler, C., Gorgievski, N., Schroeder, L. & Hamelin, C. (2011). What does it mean for a student to understand the first-year calculus? Perspectives of 24 experts. *The Journal of Mathematical Behavior*, *30* (2), 131-148.
- Tiberghien, A. (1994). Modelling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, *4* (1), 71-87.
- Tiberghien, A. & Megalakaki, O. (1995). Characterization of a modelling activity for a

- first qualitative approach to the concept of energy. *European Journal of Psychology of Education*, *4*, 369-383.
- Trempe, P.L. (1989). *L'enseignement des sciences au quotidien : six études de cas au primaire et au secondaire : problématique, méthodologie, interprétation, synthèse générale de l'information*. Trois-Rivières : Université du Québec.
- Van Ausdal, R.G. (1988). Structured Problem solving in Kinematics. *The Physics Teacher*, *26*, 518-521.

MODÉLISATION SCHÉMATIQUE EN CHIMIE : UNE ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION DES COMPÉTENCES AU COURS DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE BELGE FRANCOPHONE ET GERMANOPHONE

Bernard Leyh¹, Hamad Karous¹, Brigitte Nihant¹

1 : Didactique de la Chimie, UR DIDACTIfen, Université de Liège

Résumé : Tant dans le cadre de l'approche constructiviste que dans les théories du changement conceptuel, diverses études ont montré que l'apprentissage par la modélisation contribue positivement à la transformation des conceptions des élèves. La présente étude évalue la progression des compétences d'élèves de 15 à 18 ans (4^e à 6^e année secondaire dans le système belge, niveau lycée français) d'écoles secondaires belges francophones et germanophones au niveau de la compréhension et de la production autonome de modèles schématiques de phénomènes chimiques. Une progression significative est observée pour la dernière année du cycle secondaire. Les résultats obtenus mettent en évidence une corrélation entre les capacités d'interprétation de modèles schématiques de référence fournis et les compétences de production de tels modèles.

Mots-clés : Phénomènes chimiques, changement conceptuel, modèle schématique, modèle macroscopique, modèle submicroscopique

SCHEMATIC MODELLING IN CHEMISTRY: A STUDY OF THE EVOLUTION OF SKILLS DURING SECONDARY EDUCATION IN FRENCH AND GERMAN-SPEAKING BELGIUM

Abstract : Both in the constructivist approach and in the theories of conceptual change, various studies have shown that learning through modelling contributes positively to the transformation of students' conceptions. This study assesses the progress of the skills of students aged 15 to 18 (4th – 6th secondary school classes in the Belgian system, French lycée level, grades 10-12) in French- and German-speaking Belgian secondary schools in terms of understanding and independently designing schematic models of chemical phenomena. A significant progression is observed for the last year of secondary education. The results also show a correlation between the reading skills of given reference schematic models and the autonomous design skills of such models.

Keywords : Chemical phenomena, conceptual change, schematic model, macroscopic model, submicroscopic model

INTRODUCTION

Le cadre théorique du changement conceptuel (Carey, 2000 ; Vosniadou, 2013 ; Amin & Levrini, 2018) considère les structures conceptuelles construites à un stade donné de l'apprentissage comme temporaires et sujettes à adaptation et analyse leur transformation. Face à une situation particulière, les apprenants mobilisent en effet des systèmes de représentation (langage naturel, langage graphique, mathématiques, etc.), des plans mentaux (propriétés des concepts, relations entre eux, opérations impliquant les concepts, modèles théoriques) et une série d'actions. Vergnaud (2013) introduit la distinction entre la forme prédicative et la forme opératoire de la connaissance. Les concepts préexistants doivent être mobilisés ou actualisés, voire remplacés pour progresser en induisant un changement conceptuel.

Se confronter aux modèles scientifiques et, en particulier, concevoir des modèles en autonomie ou en groupe dans une situation d'apprentissage donnée, contribue à développer les capacités des élèves à façonner leur propre cadre de pensée en favorisant le raisonnement, la créativité et la prise de décision (Carey, 2000 ; Orange, 2012).

Comme l'affirment Kermen et Méheut (2009) sur la base de travaux antérieurs de Tiberghien, Psillos et Koumaras (1995) et de Walliser (1977), «[t]he model mediates between the theoretical field which it interprets and the empirical field which it formalises.» Le modèle du gaz parfait illustre bien ce rôle médiateur entre le champ théorique – la mécanique newtonienne – et le champ empirique des mesures des fonctions d'état d'un gaz. Un modèle est donc une création de l'esprit humain représentant sous diverses formes (texte en langage naturel ou formel, image, schéma, objet matériel) une version délibérément simplifiée d'une réalité empirique, dans un cadre et un but donnés, à des fins descriptives, explicatives et, souvent mais pas toujours, prédictives. Un modèle est donc relatif et susceptible d'évoluer.

Il est communément observé que les élèves ont une compréhension superficielle du statut des modèles scientifiques (Lopes & Costa, 2007 ; Treagust *et al.*, 2002). Pour développer des conceptions épistémologiques plus pertinentes, des approches didactiques faisant appel à la modélisation ont été proposées à propos, par exemple, des réactions chimiques, des équilibres chimiques et de la thermodynamique (Cheng & Gilbert, 2017 ; Maia & Justi, 2009 ; Ghirardi *et al.*, 2014; Kermen & Méheut, 2011).

Dans cette communication, nous examinons un type d'outils pédagogiques très fréquemment utilisés en contexte scolaire, que ce soit dans les manuels ou dans la pratique enseignante en classe, et que nous appelons modèles schématiques, car ils partagent un certain nombre de caractéristiques communes avec les modèles scientifiques définis ci-dessus. Il s'agit de dessins schématiques, donc volontairement simplifiés et épurés de tout aspect jugé contingent, de phénomènes (chimiques dans notre cas, par exemple la dissolution d'un sel dans l'eau), munis d'annotations explicatives (légende des symboles, équation chimique). Ces représentations combinent une dimension descriptive dans la mesure où les principaux aspects de la situation expérimentale sont schématisés (bécher, précipité ...) et une dimension explicative, idéalement au niveau submicroscopique des particules impliquées (atomes, molécules, ions, électrons), dans la mesure où le comportement (mouvements, interactions) de ces particules est suggéré. Des distorsions d'échelle – les atomes ne sont pas représentés à la même échelle que, par exemple, le récipient qui les contient – sont inévitables et souvent implicites, ce qui requiert des compétences spécifiques de lecture et d'interprétation. L'interprétation et la production de tels modèles schématiques impliquent donc de mobiliser les trois niveaux décrits par le triangle de

Johnstone (Johnstone, 1991) – macroscopique, submicroscopique et symbolique. Notons que Kermen et Méheut (2009) distinguent, au niveau des modèles, une dimension macroscopique et une dimension submicroscopique.

La participation active des élèves à des tâches de modélisation développe leur faculté de traduire une représentation mentale en un schéma scientifique et d'établir des liens entre représentations et concepts. La qualité des modèles schématiques produits par les élèves est une mesure de leur compréhension des phénomènes chimiques (Chang *et al.*, 2014). Cheng & Gilbert (2017) ont également observé qu'une compréhension plus approfondie d'un concept chimique à la suite d'une séquence d'enseignement se manifeste par une progression significative de la compétence de modélisation au niveau des particules impliquées.

Travailler la modélisation schématique avec des élèves implique de les confronter à la fois à l'interprétation de modèles existants rencontrés en contexte scolaire – nous parlerons alors de modèles schématiques de référence – et à la production autonome de tels modèles pour décrire et expliquer des situations scientifiques spécifiques. Ces deux aspects ont été évalués dans le cadre de ce travail auprès de 216 apprenants des trois dernières années de l'enseignement secondaire belge francophone et germanophone (15-18 ans, 4e à la 6e année secondaire en Belgique, correspondant aux 2nde, 1re et terminale en France, grades 10 à 12).

Ce travail tente d'apporter des éléments de réponse aux questions de recherche suivantes :

- Comment la capacité des élèves à analyser des modèles schématiques de référence évolue-t-elle entre 15 et 18 ans ?
- Quels changements conceptuels observe-t-on chez les élèves au cours des trois années concernées ? Une évolution progressive d'une description macroscopique d'un phénomène vers son interprétation au niveau submicroscopique se produit-elle ?
- La capacité d'analyse de modèles schématiques de référence et les compétences de réalisation autonome, c'est-à-dire non guidée, de tels modèles schématiques, sont-elles corrélées ?

METHODE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Les élèves (N = 216) des trois dernières années de l'enseignement secondaire belge francophone et germanophone ont été testés (Tableau 1).

Année	Age	Nombre d'élèves		Type d'enseignement
		francophones	germanophones	
4e	15-16	60	31	Général (option chimie: 2 à 3 périodes/semaine)
5e	16-17	46	19	Général (option chimie: 2 à 3 périodes/semaine)
6e	17-18	44	16	Général (option chimie: 2 à 3 périodes/semaine)
Total		150	66	

Tableau 1 : Profils des participants : âge, régime linguistique et enseignement suivi.

Tous les participants suivent l'option chimie (2 ou 3 périodes / semaine) avec des pratiques d'évaluation similaires. Le système éducatif régional en Belgique ayant évolué à partir d'un système jusqu'alors centralisé, les différences entre l'enseignement des sciences francophone et germanophone ne sont pas significatives et sont supposées ne pas affecter l'analyse des données et les conclusions.

Un questionnaire en trois parties a été établi pour évaluer les compétences d'interprétation (6 questions à choix multiple relatives à des modèles schématiques issus de manuels scolaires) et de production non guidée de modèles schématiques (dessiner, à partir des connaissances préalables, des modèles schématiques de trois phénomènes : vaporisation de l'eau, dissolution de NaCl dans l'eau et passage du courant électrique dans un métal). Les phénomènes dont la modélisation est demandée, ont été abordés l'année (3e, 14-15 ans) qui précède celle des trois années-cibles (4e – 6e) et sont approfondis ultérieurement. La perception des élèves quant à la pertinence des modèles schématiques (relation entre langage verbal et visuel, qualité esthétique) a été évaluée sur la base d'une échelle de Likert. Le temps de passage du test était limité à 50 minutes.

L'autonomie complète accordée aux élèves lors de leur tâche de modélisation, et donc l'absence de guidage, étaient intentionnelles, afin d'observer la manière spontanée dont ils conçoivent, à différents stades de leurs études secondaires, ce que doit être un modèle schématique dans un cadre chimique. Aucune instruction spécifique sur le niveau attendu de description et d'explication n'a donc été fournie.

Les modèles schématiques produits par les élèves ont été évalués de deux manières :

- Chaque production d'élève a été classée dans une des catégories définies dans le Tableau 2, selon sa dimension macroscopique ou submicroscopique.
- Chaque modèle schématique a été évalué selon 6 critères progressifs (niveaux de base, intermédiaire et avancé) spécifiques à chaque phénomène modélisé. Ces critères sont décrits dans le Tableau 3.

Modèle schématique macroscopique	Modèle schématique submicroscopique élémentaire	Modèle schématique submicroscopique avancé
Représentation schématique idéalisée du mode de fonctionnement d'un dispositif expérimental. Exemple : un circuit électrique	Représentation idéalisée de la distribution spatiale des particules sans détails sur la structure de ces particules, (sphères ou cercles) Exemple : les trois états de la matière	En plus du niveau élémentaire, représentation symbolique de la structure des particules (géométrie moléculaire) et des interactions et mouvements possibles (selon la situation considérée)

Tableau 2 : Comparaison des trois catégories de représentations schématiques.

Les réponses ont été traitées et analysées à l'aide des logiciels MS Excel et SPSS (version 23). Le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis et le test post-hoc de Dunn ont été utilisés afin de vérifier le caractère significatif ou non, des différences entre les groupes d'âge. Un risque alpha de 0,05 a été adopté. Les productions graphiques des élèves ont été évaluées indépendamment par les trois co-auteurs avec un coefficient κ de Cohen (Cohen, 1960) se situant entre 0,7 et 0,9. Afin de faciliter la comparaison des résultats relatifs aux compétences d'interprétation et de production autonome de modèles schématiques, les 216 participants ont été répartis en trois

catégories, selon les scores obtenus pour l'interprétation de modèles schématiques de référence : niveau faible (résultat < moyenne – 1 écart type), moyen (moyenne – 1 écart type ≤ résultat ≤ moyenne + 1 écart type) et supérieur (résultat > moyenne + 1 écart type).

RESULTATS ET DISCUSSION

La partie du test relative à l'interprétation de modèles schématiques de référence issus de manuels montre des résultats similaires pour les tranches d'âge 15-16 et 16-17 ans, mais une progression nette avec un écart-type plus faible lors de la dernière année (17-18 ans). La répartition des 216 participants en 3 catégories selon les scores obtenus est la suivante : niveau faible (N = 20), niveau moyen (N = 179), niveau supérieur (N = 17).

L'analyse de la perception des élèves vis-à-vis des schématisations graphiques révèle qu'ils reconnaissent qu'une image doit être complétée par une information textuelle, même s'ils sont plus attirés par le langage schématique que verbal. Aucune tendance claire n'émerge quant à leur sensibilité à la qualité esthétique des modèles schématiques. Globalement, on n'observe pas de différence significative entre les trois groupes d'âge.

La figure 1 illustre quelques modèles schématiques sélectionnés parmi les productions personnelles d'élèves pour le phénomène du passage du courant dans un conducteur métallique. La figure 2 montre la distribution sur les trois catégories du tableau 2 en fonction de la classe d'âge et la figure 3, en fonction du niveau atteint pour la lecture de modèles graphiques fournis.

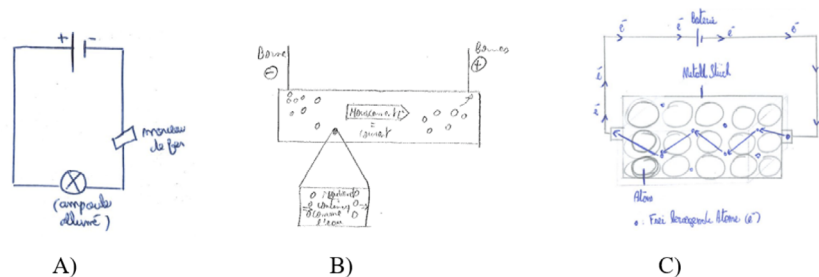


Figure 1. : Modèles schématiques d'élèves au niveau macroscopique (A), submicroscopique élémentaire (B) et submicroscopique avancé (C) pour le passage du courant électrique dans un métal.

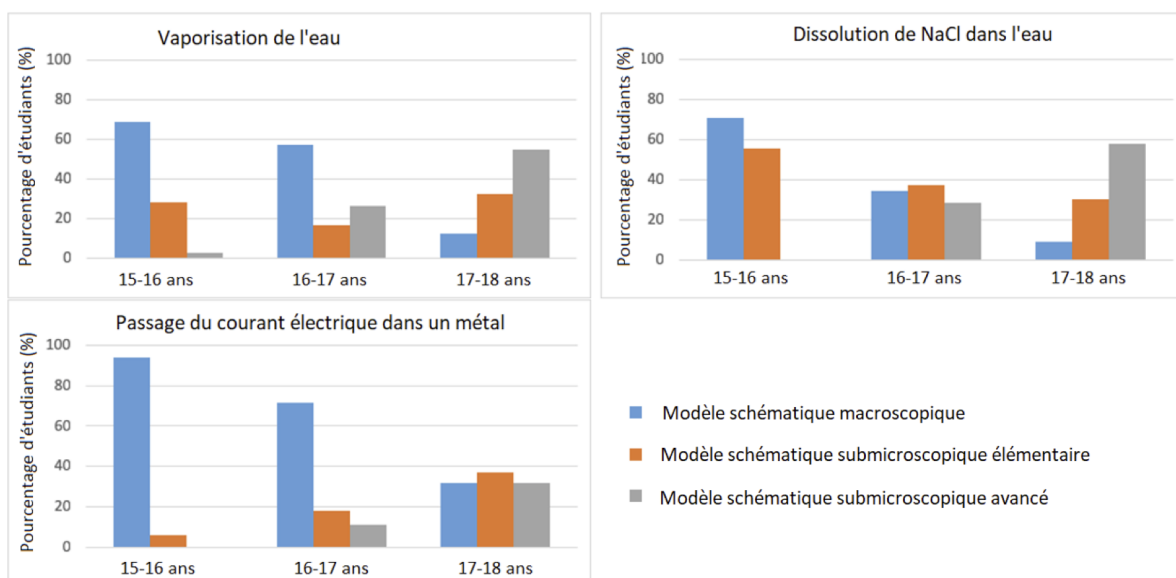


Figure 2. : Distribution des modèles schématiques produits par les élèves au niveau macroscopique, submicroscopique élémentaire et submicroscopique avancé en fonction de la classe d'âge

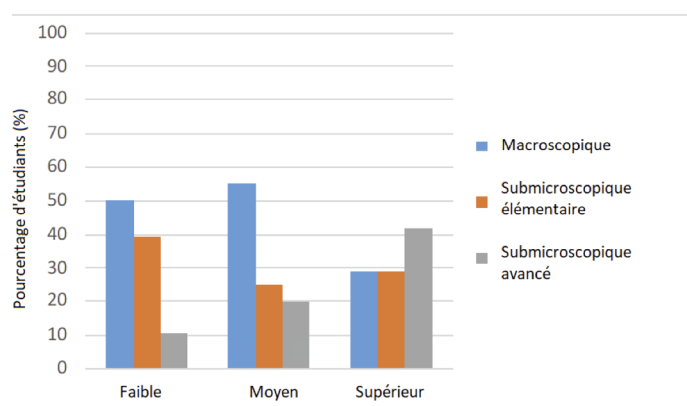


Figure 3. : Distribution des modèles schématiques produits par les élèves au niveau macroscopique, submicroscopique élémentaire et submicroscopique avancé en fonction du niveau (faible-moyen-supérieur) de compétence d'interprétation de modèles schématiques de référence.

La figure 2 met en évidence une évolution vers un niveau submicroscopique avancé au fur et à mesure de la formation scientifique. Par exemple, pour le phénomène de dissolution de NaCl, le pourcentage d'élèves proposant un modèle de type submicroscopique avancé, évolue de 0% (15-16 ans) à 28 % (16-17 ans) et atteint 58 % pour les élèves de 17-18 ans. La figure 3 suggère une corrélation entre la capacité d'interprétation de modèles schématiques de référence et la capacité d'effectuer de manière non guidée une modélisation schématique au niveau submicroscopique.

Niveau	Phénomène à modéliser schématiquement		
	Vaporisation de l'eau	Dissolution de NaCl dans l'eau	Passage du courant électrique dans un métal
Base	1. Légende des symboles 2. Présence de deux phases	1. Légende des symboles 2. Présence d'un solide (suggestion de structure) et de particules dissoutes	1. Connexions électriques correctes 2. Direction correcte du courant
Intermédiaire	3. Distances intermoléculaires différentes dans les deux phases 4. Vaporisation à l'interface liquide-gaz	3. Structure ionique du solide et ions dissous 4. Dissolution à l'interface solide-solution	3. Légende des symboles des particules 4. Symbolisation différente des atomes et des électrons
Avancé	5. Interactions intermoléculaires dans le liquide 6. Suggestion des mouvements moléculaires	5. Rôle des molécules d'eau (orientation non requise) 6. Ions hydratés (avec orientation correcte des molécules d'eau)	5. Mouvements erratiques des électrons en l'absence de courant 6. Cations fixes et électrons mobiles lors du passage du courant

Tableau 3. : Critères d'évaluation des modèles schématiques

L'évaluation des modèles schématiques réalisés par les élèves, sur la base des 6 critères décrits dans le tableau 3, a conduit à les classer en trois niveaux : base (1 à 2 critères rencontrés), intermédiaire (3 à 4 critères rencontrés), avancé (5 à 6 critères rencontrés). Une progression significative, validée statistiquement, est observée d'une année à l'autre du cursus (Figure 4, pour la dissolution de NaCl). Dans la même perspective, la figure 5 montre comment la qualité des modèles schématiques produits par les élèves se corrèle aux compétences d'interprétation de modèles schématiques de référence. L'analyse statistique révèle ici une différence significative entre les groupes évalués comme faibles et supérieurs.

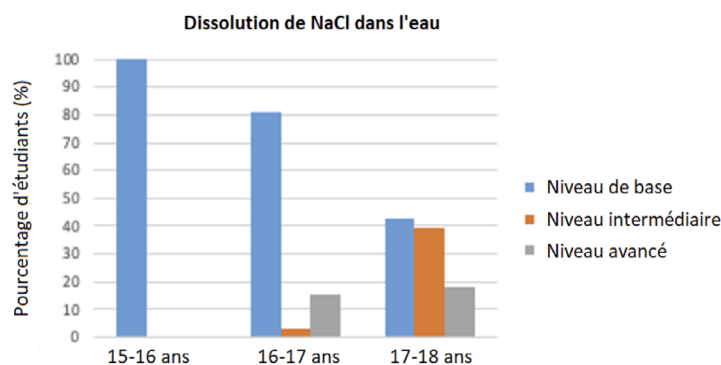


Figure 4. : Evaluation des modèles schématiques produits par les élèves et répartition en trois niveaux.

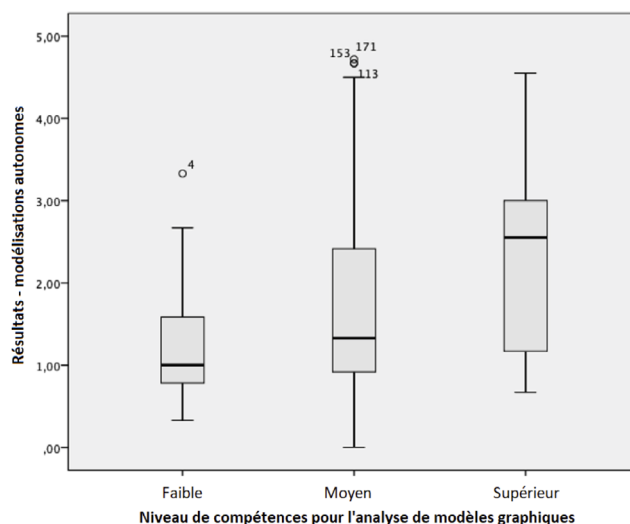


Figure 5. : Diagramme en boîtes (Box Plot) des résultats des modélisations autonomes en fonction des compétences d'interprétation de modèles schématiques de référence.

Une analyse fine des résultats requiert de les confronter aux programmes officiels de chimie de l'enseignement secondaire belge francophone et germanophone. À titre d'exemple, on notera que les élèves font très peu référence au concept d'ion, pourtant abordé dès la 3e année secondaire (14-15 ans) : 0 % (15-16 ans), 10 % (16-17 ans) et 31 % (17-18 ans) le mentionnent. D'autres propriétés submicroscopiques particulièrement mal maîtrisées sont les mouvements moléculaires (agitation thermique) et les interactions intermoléculaires, autrement dit, les aspects dynamiques. Une amélioration significative est toutefois généralement observée lors de la dernière année (17-18 ans). Une explication provisoire peut être avancée. Pendant les deux premières (4e et 5e, grades 10 et 11) des trois années considérées ici, les élèves sont confrontés progressivement aux relations entre les observations macroscopiques, les interprétations submicroscopiques et le langage symbolique : les verbes « décrire », « représenter », « modéliser », « schématiser », « traduire » (en langage symbolique, par exemple en une équation chimique) apparaissent à de très nombreuses reprises dans les référentiels. L'année terminale (6e, grade 12) met, elle, plus l'accent sur la résolution de problèmes numériques. Nous faisons donc l'hypothèse qu'un niveau suffisamment stabilisé de compétences en modélisation ne peut être atteint qu'à l'issue de la 5e année, niveau que nous avons testé en cours de 6e année.

CONCLUSION

La confrontation d'élèves des trois dernières années de l'enseignement secondaire (15-18 ans) à des modèles schématiques a été analysée dans quatre directions : (i) leur capacité à lire et interpréter des modèles schématiques de référence, c'est-à-dire à extraire les informations scientifiques pertinentes ; (ii) leur réception psychologique-émotionnelle de tels modèles dans un contexte scientifique ; (iii) leurs compétences de production autonome de modèles schématiques de phénomènes scientifiques auxquels ils ont déjà été confrontés dans leur formation en chimie ou physique ; (iv) la corrélation possible entre les compétences d'interprétation et de conception autonome de tels modèles.

Une progression positive des compétences étudiées, tant pour la compréhension d'un modèle schématique de référence que pour la conception d'un modèle schématique original, est observée dans la plupart des cas au cours des trois années, mais les améliorations les plus signi-

ficatives apparaissent lors de la transition entre les deux dernières années. On observe également que le niveau de capacité d'analyse des informations d'un modèle schématique a un impact significatif sur les compétences de réalisation autonome de modèles schématiques. La perception des apprenants par rapport aux modèles schématiques est globalement positive et reste stable tout au long des trois années. Ces résultats plaident en faveur de la mise en place de dispositifs formatifs plaçant les élèves du secondaire en contact précoce avec des modèles scientifiques et suggèrent de ne pas limiter cette approche à l'interprétation de modèles schématiques de référence, mais de l'étendre également à la production autonome de modèles schématiques par les apprenants.

BIBLIOGRAPHIE

- Amin, T.G. & Levrini, O. (Dir.) (2018). *Converging Perspectives on Conceptual Change. Mapping an Emerging Paradigm in the Learning Sciences*. Abingdon: Routledge
- Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, **21** (1), 13-19
- Chang, H.Y., Quintana, C. & Krajcik, J. (2014). Using Drawing Technology to Assess Students' Visualizations of Chemical Reaction Processes. *Journal of Science Education and Technology*, **23**, 355–369.
- Cheng, M. M. W. & Gilbert, J. K. (2017). Modelling students' visualisation of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, **39** (9), 1173–1193.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, **20** (1), 1960.
- Ghirardi, M., Marchetti, F., Pettinari, C., Regis, A. & Roletto, E. (2014). A Teaching Sequence for Learning the Concept of Chemical Equilibrium in Secondary School Education. *Journal of Chemical Education*, **91**, 59–65.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, **7**, 75–83.
- Kermen, I. & Méheut, M. (2009). Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning. *Chemistry Education Research and Practice*, **10**, 24-34.
- Kermen, I. & Méheut, M. (2011). Grade 12 French Students' use of a Thermodynamic Model for Predicting the Direction of Incomplete Chemical Changes. *International Journal of Science Education*, **33** (13), 1745–1773.
- Lopes, J. B. & Costa, N. (2007). The evaluation of modelling competences: difficulties and potentials for the learning of the sciences. *International Journal of Science Education*, **29** (7), 811-851.
- Maia, P. F. & Justi, R. (2009). Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-based Teaching. *International Journal of Science Education*. **31** (5), 603–630.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck Education
- Tiberghien A., Psillos D. & Koumaras P., (1995). Physics instruction from epistemological and didactical bases. *Instr. Sci.*, **22**, 423-444.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G. & Mamiala, T.L (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, **24** (4), 357–368.
- Vergnaud, G. (2013). Pourquoi la théorie des champs conceptuels ? Infancia y

- Aprendizaje – *Journal for the Study of Education and Development*, 36 (2), 131-161
- Vosniadou, S (Dir.) (2013). *International Handbook of Research on Conceptual Change*. Abingdon : Routledge
- Walliser, B. (1977). *Systèmes et modèles*. Paris : Seuil

NOTION D'ACCÉLÉRATION ET OUTIL VECTEUR

UNE INGÉNIERIE DIDACTIQUE FONDÉE SUR L'ÉTUDE DE LA CHUTE LIBRE

Alice Di Fabio¹

1 : Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR)
Université Paris Diderot - Paris 7 : EA4434

Résumé : Dans cette communication, nous présentons une ingénierie didactique qui vise la reconstruction de la notion d'accélération à partir de la notion de variation de vitesse, pour des élèves français de Terminale après enseignement. Quatre études préalables donnent des éclairages épistémologiques et didactiques de la notion d'accélération, de l'outil vecteur et de la maîtrise qu'en ont les élèves et les étudiants. Une analyse de contenu de la notion d'accélération et de ses caractéristiques dans le cas de la chute libre aboutit à la présentation de différents registres de représentation sémiotique de l'accélération. La proposition didactique place la représentation vectorielle au cœur du dispositif et est fondée sur l'hypothèse que la représentation de plusieurs vecteurs vitesse successifs est un levier d'apprentissage. Les résultats montrent des effets positifs sur les apprentissages des élèves, en leur permettant d'approfondir leurs connaissances de la chute libre et de se perfectionner dans la manipulation de vecteurs. On retient que présenter un contenu dans un mode de représentation inédit pour les élèves est porteur du point de vue didactique.

Mots-clés : cinématique ; accélération ; vecteur ; représentation sémiotique ; ingénierie didactique.

NOTION OF ACCELERATION AND VECTOR TOOL

A LEARNING DESIGN BASED ON THE STUDY OF FREE FALL

Abstract : In this paper, we present a research based on a learning design which aims at rebuilding the notion of acceleration from the notion of speed variation. The learning sequence is intended for french high school seniors. Four exploratory studies highlight at an epistemological and an educational level the notion of acceleration, the use of vectors and the difficulties it raises for students. A content analysis of the notion of acceleration and its characteristics in the case of free fall leads to the presentation of different semiotic representation registers of acceleration. The learning sequence puts the vector representation at the centre of the learning system and puts the hypothesis that the representation of several successive velocity vectors is a learning tool. The results show positive effects on students learning especially by enabling them to deepen their knowledge of free fall and improve their skills in using vectors. We also conclude that presenting a content in a new way for students has a value-added at an educational level.

Keywords : kinematics ; acceleration ; vector ; semiotic representation ; learning design.

DE LA CHUTE LIBRE A LA NOTION D'ACCELERATION VECTORIELLE

L'étude de la chute libre est un incontournable de l'enseignement de la physique : il s'agit d'un mouvement fondamental à plusieurs titres. On dit qu'un objet est en chute libre lorsque celui-ci n'est soumis qu'à son poids (on se place pour cette étude, dans le référentiel terrestre considéré galiléen). On est donc dans le cas particulier d'un mouvement à force constante, cas le plus simple en physique. Le phénomène de la chute libre recouvre une infinité de mouvements, selon que l'objet est simplement lâché ou lancé dans telle ou telle direction, caractérisés par deux types de trajectoires, rectiligne et parabolique, qui ont en commun de se décomposer en un mouvement horizontal uniforme et un mouvement vertical uniformément varié, ce qui confère au mouvement de chute libre le statut d'exemple couramment utilisé en cinématique. On signale enfin le rôle historique déterminant, grâce aux travaux de Galilée, que l'étude de la chute libre a tenu dans la compréhension des lois du mouvement.

L'ACCÉLÉRATION : L'INVARIANT DE TOUS LES MOUVEMENTS DE CHUTE LIBRE

Le mouvement de chute libre est, selon une approche cinématique, composé d'un mouvement horizontal uniforme et d'un mouvement vertical uniformément varié et est, selon une approche dynamique, un mouvement à force constante. Le concept unificateur entre ces deux descriptions est l'accélération, que nous choisissons de placer au centre de ce travail.

Une propriété du mouvement de chute libre est que son accélération est constante. Or, l'accélération est un vecteur, ses composantes dans un repère sont des nombres relatifs. Le tableau 1 regroupe la représentation de cette propriété et celle de la variation de la vitesse dans un formalisme vectoriel et dans un formalisme algébrique.


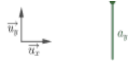
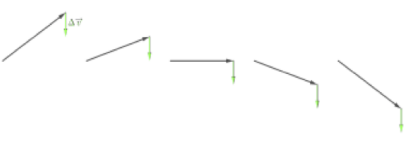

	$\vec{a} = \vec{g}$		$a_x = 0$ $a_y = -g$
	$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ $\vec{v} = \vec{g}t + \vec{v}_0$		$a_x = \frac{dv_x}{dt}$ $a_y = \frac{dv_y}{dt}$ $v_x = v_0 \cdot \cos\alpha$ $v_y = -gt + v_0 \cdot \sin\alpha$

Tableau 1 : Représentations, vectorielle et algébrique de l'accélération et de la variation de vitesse

La mobilisation de ce double formalisme montre l'importance des outils mathématiques pour l'étude de la chute libre. Elle permet aussi, au passage, de distinguer ce qui est contingent aux choix d'orientation des axes du repère et ce qui est intrinsèque aux vecteurs.

DES SAVOIR-FAIRE SPÉCIFIQUES : LES OUTILS MATHÉMATIQUES

La résolution de la chute libre, c'est-à-dire l'obtention des équations horaires du mouvement, requiert la mise en œuvre d'outils mathématiques et de méthodes telles que la projection de vecteurs et la résolution d'équations différentielles.

Considérons les grandeurs scalaires et vectorielles présentées dans le tableau 1. Le signe des composantes change avec l'orientation des axes, en particulier le signe de l'ordonnée de l'accélération vectorielle. On l'écrit $a_y = \pm g$ suivant l'orientation de l'axe vertical, alors que g l'intensité du champ de pesanteur est un nombre défini positif.

On constate que des grandeurs algébriques, positives, vectorielles sont mobilisées. Or, elles sont de nature différente car issues de registres différents. C'est l'impact de l'utilisation de l'un de ces registres, celui des vecteurs, que nous examinons.

PROBLEMATIQUE ET CADRE CONCEPTUEL

Les pratiques d'enseignement usuelles actuelles liées à la chute libre sont caractérisées par l'application de la deuxième loi de Newton et l'utilisation des vecteurs. Or, on pourrait considérer d'autres méthodes et envisager d'autres approches pour aborder l'étude de la chute libre : une entrée par la cinématique avec l'étude du mouvement uniformément varié – qui correspond au mouvement projeté sur l'axe vertical – et une entrée par la dynamique avec l'étude du mouvement à force constante.

Ce sont les liens qui existent entre la façon d'aborder la chute libre, la méthode employée pour décrire le mouvement correspondant et le formalisme mathématique mobilisé qui guident notre étude. Et on fait l'hypothèse qu'une approche cinématique qui privilégie le formalisme vectoriel est davantage porteuse de sens.

La démarche de ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre de l'ingénierie didactique (Artigue, 1998) qui s'intéresse à des réalisations didactiques en classe incluant la conception, la réalisation, l'observation et l'analyse de séquences d'enseignement. Notre expérimentation a été menée en France avec quatre groupes d'élèves de Terminale scientifique de classes différentes et la proposition didactique a été mise en œuvre plusieurs fois successivement. Entre deux itérations, des modifications ont pu être apportées au protocole. La figure 1 présente le plan de de l'étude menée.

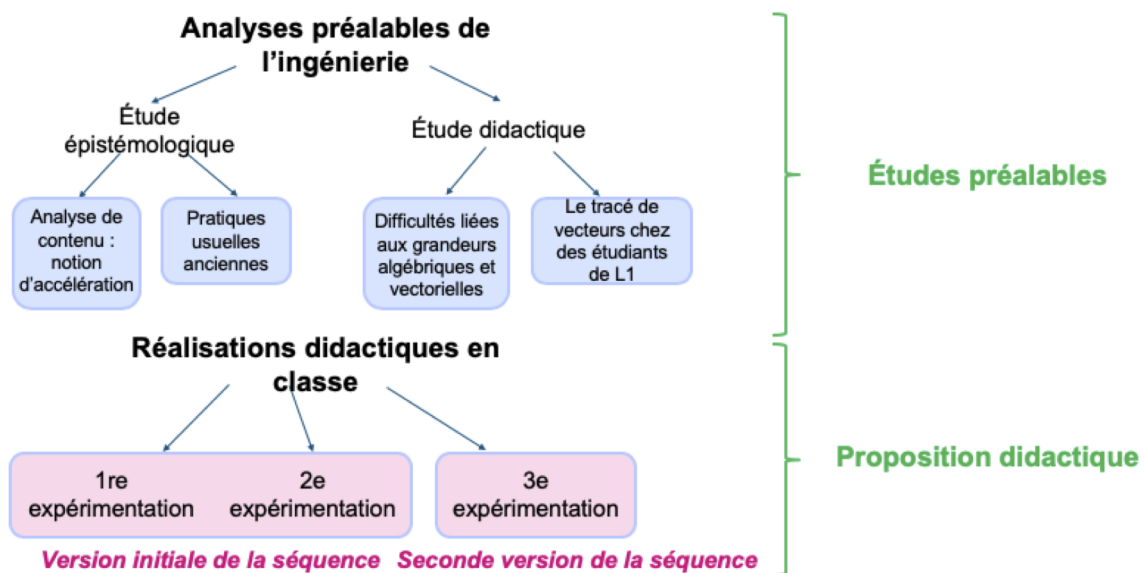


Figure 1 : Déroulement de l'ingénierie didactique

ÉTUDES PREALABLES

Le format de cette communication ne nous permet pas de revenir sur le détail des études préalables à l'ingénierie. Nous renvoyons le lecteur / la lectrice vers notre travail de thèse (Di Fabio, 2018). Nous présentons ici ce que nous retiendrons de ces études.

Dans l'analyse de contenu sur la notion d'accélération, sont présentées les propriétés du vecteur accélération. En particulier dans le cas d'un objet en chute libre, le vecteur accélération est un invariant car l'objet est soumis à une force constante, son poids (pour un objet de masse constante) et il est colinéaire à cette force c'est-à-dire vertical et dirigé vers le bas. C'est l'approche dynamique du vecteur accélération. Dans une approche cinématique, le vecteur accélération est défini comme la dérivée par rapport au temps du vecteur vitesse c'est-à-dire la limite du rapport de la variation de vitesse sur la durée. Le vecteur accélération est donc colinéaire au vecteur variation de vitesse entre deux instants très proches. On supposera dans toute la suite que l'intervalle de temps entre deux vecteurs vitesse reste très petit. La figure 2 représente, dans trois cas de mouvements de chute libre, des vecteurs vitesse successifs pris à intervalles de temps réguliers. Chaque mouvement est caractérisé par sa vitesse initiale, représentée par le premier vecteur. Dans chacun des trois cas, le vecteur variation de vitesse, qui permet de passer d'un vecteur au suivant, est vertical dirigé vers le bas.

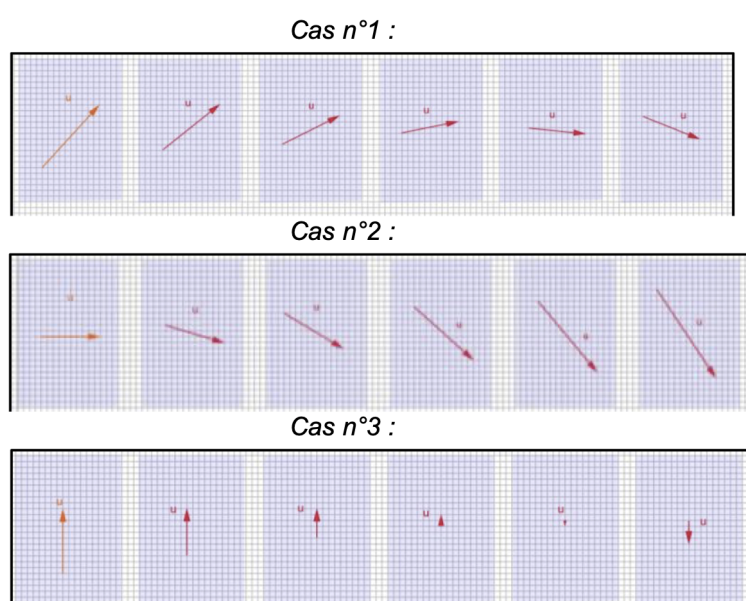


Figure 2 : Vecteurs vitesse d'un objet lancé vers le haut et vers la droite (cas n°1), d'un objet lancé horizontalement (cas n°2) et d'un objet lancé verticalement vers le haut (cas n°3)

L'analyse de contenu décrit, de plus, différentes façons de représenter l'accélération qui déterminent quatre registres de représentation, au sens de registres de représentation sémiotique (Duval, 1993, 1995, 2006) : la représentation visuelle des vecteurs, les relations vectorielles, la représentation visuelle dans une base orthonormée et les relations algébriques. Ces quatre registres correspondent aux quatre colonnes du tableau 1. Notre étude s'intéresse au raisonnement à l'intérieur d'un registre et au passage d'un registre à l'autre dans les pratiques usuelles actuelles. On s'aperçoit que sont privilégiées les relations algébriques dans une base orthonormée pour la résolution de la chute libre, prenant la représentation vectorielle uniquement comme point de départ. Ces pratiques usuelles sont caractérisées également par le fait qu'elles placent l'accélération au cœur d'une approche dynamique de la chute libre.

La prévalence de l'approche dynamique peut expliquer une partie des difficultés constatées chez des étudiants de L1 quand on examine leur degré de maîtrise des vecteurs en cinématique

(position, vitesse, accélération). Notre étude préalable dont les outils d'analyse sont ceux de la théorie anthropologique du didactique (Chevallard, 1998 ; 1999) met en évidence que le tracé de ces vecteurs représente une difficulté et que les étudiants raisonnent de manière indépendante sur les trois vecteurs.

D'autres travaux de recherche renseignent sur les difficultés posées aux élèves et aux étudiants par les grandeurs vectorielles. On relève la tendance à réduire les grandeurs physiques vectorielles à leur intensité et le fait que l'addition vectorielle n'est pas maîtrisée (Genin *et al.*, 1987; Nguyen & Meltzer, 2003). Au-delà des seules caractéristiques mathématiques et des opérations associées, d'autres travaux identifient des difficultés sur la compréhension et la manipulation du concept de vecteur dans un contexte physique (Ba, 2007) et cinématique spécifiquement. Aguirre (2006) montre qu'un vecteur vitesse instantané n'est pas considéré par les étudiants comme provenant de la composition des deux composantes de ce vecteur. Enfin, Shaffer et McDermott (2005) pointent le fait que certains étudiants appliquent les lois de la dynamique pour trouver le sens et la direction des vecteurs accélération dans un contexte où les situations proposées relèvent strictement de la cinématique.

PROPOSITION DIDACTIQUE

Ces résultats nous amènent à supposer qu'une approche cinématique pourrait consolider les connaissances qu'ont les étudiants en cinématique et donner sens au vecteur accélération. C'est la raison pour laquelle la proposition didactique élaborée vise l'observation et le tracé de vecteurs vitesse d'un objet en chute libre.

On place, au cœur du dispositif, le registre de la représentation visuelle des vecteurs. On fait travailler les élèves à l'intérieur de ce registre sur des profils de vecteurs vitesse qui sont la représentation de plusieurs vecteurs vitesse successifs d'un objet en chute libre pris à intervalles de temps réguliers, comme dans la figure 2.

La séquence proposée est constituée de deux séances. La première débute par la mise en place d'une situation adidactique (Brousseau, 1998) dont le milieu est le profil de vecteurs vitesse. La consigne de l'activité de recherche est « Trouver la règle permettant de passer d'un vecteur vitesse au suivant ». Il s'agit effectivement d'une situation adidactique parce qu'on suppose que les élèves ne saisiront pas qu'on leur demande de tracer le vecteur accélération. Les tâches attendues sont : déterminer les composantes de deux vecteurs vitesse successifs, les comparer, en déduire les composantes du vecteur variation de vitesse et le tracer. Puis les élèves sont ensuite amenés à tracer plusieurs profils de vecteurs vitesse, le premier vecteur étant donné, en effectuant la somme vectorielle d'un vecteur vitesse et du vecteur variation de vitesse.

Dans un deuxième temps, les élèves sont amenés à comparer des mouvements de chute libre, dégager l'invariant entre ces différents mouvements – le vecteur variation de vitesse – et repérer que chaque mouvement est caractérisé par sa vitesse initiale. En phase d'institutionnalisation, le logiciel de géométrie dynamique GeoGebra est utilisé pour générer des profils de vecteur vitesse à partir du vecteur vitesse initiale : grâce à des curseurs que l'on fait varier, on modifie les composantes du vecteur vitesse initiale ce qui a pour effet de modifier le profil de vecteurs vitesse.

L'objectif de la première séance est d'aboutir à la conclusion que le vecteur variation de vitesse est colinéaire et de même sens que le champ de pesanteur dans le cas du mouvement de chute libre. L'objectif de la deuxième séance est de transférer le raisonnement à d'autres mouvements : mouvement sur un plan incliné, mouvement rectiligne uniforme. La figure 3 présente deux des fiches réponses fournies aux élèves.

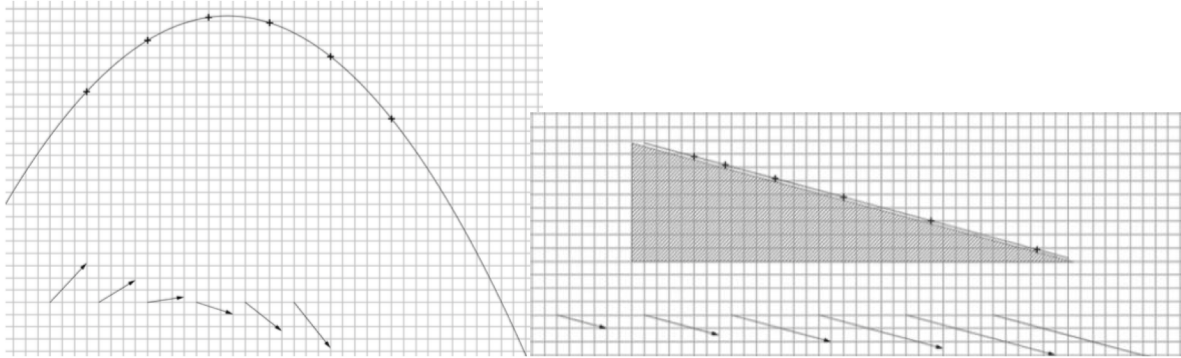


Figure 3 : Trajectoire et profil de vecteurs vitesse d'un objet : en chute libre (à gauche) et sur un plan incliné (à droite)

On retient les questions de recherche suivantes :

1. Dans quelle mesure les élèves raisonnent-ils dans le registre de la représentation vectorielle ?
2. Les élèves justifient-ils que le vecteur variation de vitesse est vertical dirigé vers le bas (colinéaire au champ de pesanteur) dans le cas d'un mouvement de chute libre ?
3. Les élèves transfèrent-ils à d'autres mouvements que la chute libre l'argument de colinéarité entre le vecteur variation de vitesse et le vecteur résultante des forces appliquées sur le système ?

PRINCIPAUX RESULTATS

L'analyse des données issues de la première séance (figure 4) montre que les élèves effectuent le décompte des carreaux correspondant aux coordonnées des vecteurs.

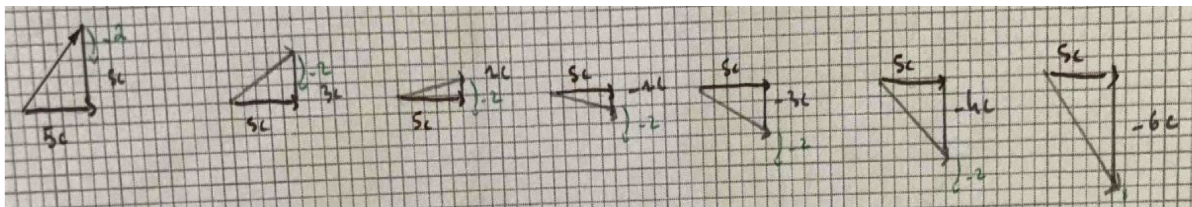


Figure 4 : Exemple de fiche réponses recueillie correspondant à la consigne « Trouver la règle permettant de passer d'un vecteur vitesse au suivant »

Les élèves déterminent les composantes du vecteur variation de vitesse, le tracent et tracent les profils de vecteur vitesse mais sans effectuer de somme vectorielle. On constate que le formalisme vectoriel est mal maîtrisé mais qu'une articulation entre les registres vectoriel *et* algébrique est à l'œuvre.

Pour le mouvement parabolique, les élèves déterminent et tracent le vecteur variation de vitesse et évoquent le champ de pesanteur (figure 5). Pour les autres mouvements, les élèves tracent le vecteur variation de vitesse mais tous ne font pas le bilan des forces qui s'exercent sur le système.

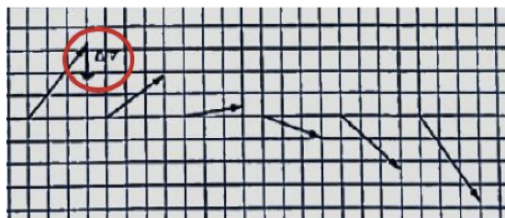


Figure 5 : Exemple de fiche réponses recueillie correspondant à la consigne « Trouver la règle permettant de passer d'un vecteur vitesse au suivant »

On en conclut qu'ils reconnaissent le lien de colinéarité entre le vecteur variation de vitesse et le vecteur somme des forces uniquement pour le mouvement parabolique : il n'y a pas de transfert du raisonnement à d'autres mouvements que la chute libre.

Dans l'étude d'un mouvement, les élèves n'aboutissent pas au raisonnement attendu. On fait l'hypothèse que les élèves n'associent pas spontanément le vecteur variation de vitesse à l'accélération et ne lui donnent pas une signification dynamique c'est-à-dire en lien avec les forces qui s'exercent sur l'objet.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

À l'issue de la mise en œuvre de l'ingénierie didactique, on constate que l'objectif d'amener les élèves à s'approprier un certain type de raisonnement n'est pas complètement atteint. Ce raisonnement est opérationnel, pour les élèves, dans le cas de la chute libre mais pas pour d'autres mouvements. En revanche, on retient que la prise de position de départ selon laquelle les élèves ont une maîtrise insuffisante de la représentation vectorielle est vérifiée. De plus, la séquence est porteuse d'objectifs d'apprentissage pertinents tels que : passer du registre vectoriel au registre algébrique et inversement, se perfectionner dans la manipulation de vecteurs, remobiliser et approfondir les connaissances de la chute libre.

On conclut que le fait de présenter un contenu dans un mode de représentation inédit pour les élèves est porteur du point de vue didactique. Les questions posées dans la séquence sont productives d'une activité pour les élèves, alors même qu'il ne s'agit pas d'un savoir nouveau. Les tâches attendues restent dans la zone proximale de développement des élèves (Vygotsky, 1985). La valeur ajoutée de la séquence est qu'elle vise à permettre la complexification des liens cognitifs et favoriser la structuration des connaissances.

Dans la lignée de l'étude des mouvements proposés, l'idée pourrait être de construire des situations physiques qui mettent davantage en lumière le lien (de type nécessité ?) entre les aspects cinématique et dynamique.

BIBLIOGRAPHIE

- Aguirre, J. M. (2006) Student preconceptions about vector kinematics, *The Physics Teacher*, 26, 212.
- Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 9(3), 281–308.
- Ba, C. (2007). *Étude épistémologique et didactique de l'utilisation des vecteurs en physique et en mathématiques*. Thèse de doctorat. Université Claude Bernard-Lyon 1 et Université Cheikh Anta Diop-Dakar.
- Brousseau, G. (1998). Les obstacles épistémologiques, problèmes et ingénierie didactique. In *La théorie des situations didactiques*.
- Chevallard, Y. (1998). *Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : l'approche anthropologique*. Actes de l'École D'été de La Rochelle.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *RDM*, 19(2), 221-226.
- Di Fabio, A. (2018). *Chute libre : étude du mouvement et des méthodes de résolution, proposition didactique*. Thèse de doctorat. Université Paris Diderot.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 5(1), 37- 65.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine*. Bern : Lang.
- Duval, R. (2006). *Du mot au concept conversion*. Le séminaire. Collection "Sciences de l'éducation". Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.
- Genin, C., Michaud-Bonnet, J. & Pellet, A. (1987). Représentation des élèves en mathématiques et en physique sur les vecteurs et les grandeurs vectorielles lors de la transition collège-lycée. *Petit X*, 14–15, 39–63.
- Nguyen, N. L. & Meltzer, D. E. (2003) Initial understanding of vector concepts among students in introductory physics courses, *American Journal of Physics*, 71, 630.
- Shaffer, P. S. & McDermott, L. C. (2005). A research-based approach to improving student understanding of the vector nature of kinematical concepts, *American Journal of Physics* 73, 921.
- Vygotski, L. S. (1985). *Langage et pensée*. Paris : Ed. Sociales.

PARTICIPATION À UNE COMMUNAUTÉ D'APPRENTISSAGE EN FORMATION INITIALE : RETOMBÉES SUR LES PRATIQUES DE FUTURS ENSEIGNANTS EN ÉVEIL SCIENTIFIQUE

Corentin Poffé¹, Marie-Noëlle Hindryckx¹

1 : Didactique des Sciences biologiques, Université de Liège

Résumé : Lors de leur formation initiale, de futurs enseignants du préscolaire (élèves de 3,5 à 6 ans) et du secondaire supérieur (élèves de 15 à 18 ans) sont amenés à collaborer dans le cadre d'un dispositif qui adopte les modalités d'une communauté d'apprentissage. L'objectif y est de co-construire une séquence d'éveil scientifique qui sera mise en place en classe de préscolaire en suivant le principe d'une démarche d'investigation. Afin d'étudier les retombées, sur les pratiques des futurs enseignants, de leur participation à ce dispositif, nous avons analysé des fiches de préparation de leçon rédigées avant et pendant celui-ci. Cette analyse montre, chez certains futurs enseignants, une plus grande place pour l'élève dans ses apprentissages, une diversification des activités proposées à l'élève ou encore, une meilleure prise en compte de ses représentations initiales. Dans le même temps, on remarque que certains futurs enseignants font le choix durant la collaboration, de remplacer les moments expérimentaux pourtant présents avant le module, tantôt par d'autres modalités de recherche, tantôt par des moments d'enseignement plus directifs.

Mots-clés : Éveil scientifique, développement professionnel des enseignants, communauté d'apprentissage, formation initiale

PARTICIPATION IN A LEARNING COMMUNITY IN INITIAL TRAINING: IMPACTS ON THE PRACTICES OF FUTURE SCIENCE EDUCATION TEACHERS

Abstract : During their initial training, future teachers from pre-school (pupils aged 3.5 to 6 years) and upper secondary school (pupils aged 15 to 18 years) are required to collaborate within the framework of a system that adopts the format of a learning community. The goal is to co-construct a science education sequence that will be implemented in pre-school classes according to the principles of an investigation approach. In order to study the impact of the participation in this scheme on the practices of future teachers, we analysed lesson preparation sheets written before and during the scheme. This analysis shows, among some students, a greater place for the student in his learning, a diversification of the activities proposed to the student or even a better consideration of his initial representations. At the same time, it is noted that some future teachers make the choice during the collaboration to replace the experimental moments that were present before the module, sometimes by other research methods, sometimes by more directive teaching moments.

Keywords : Science education, teacher's professional development, learning community, initial training

CADRE

Le contexte de cette recherche est la formation initiale des enseignants en Belgique francophone, dans le domaine de l'éveil scientifique. Nous avons mis en place un dispositif de collaboration pour des futurs enseignants du préscolaire (élèves de 2,5 à 6 ans) et du secondaire supérieur (élèves de 15 à 18 ans). Les premiers sont formés en Haute École pédagogique durant 3 années (180 crédits) pour devenir des enseignants qui dispenseront presque toutes les matières. Les seconds sont formés à l'Université en un an (30 crédits), soit après l'obtention d'un master disciplinaire soit pendant la dernière année de celui-ci ; ces futurs enseignants sont « spécialistes » d'une discipline.

Le dispositif de formation, organisé sous forme d'une communauté d'apprentissage (désormais CA), a pour finalité la co-construction de séquences d'éveil scientifique à tester en duo d'enseignants, en stage en préscolaire. La collaboration s'organise autour de la mise en place d'une démarche d'investigation (DI) qui s'appuie sur un référentiel commun et sur les programmes relatifs au niveau du préscolaire.

La [CA] se définit comme un dispositif qui, dans sa dimension cognitive, vise le développement de la pratique pédagogique, l'acquisition d'un savoir individuel et collectif et la quête de sens. Dans sa dimension affective, la [CA] encourage l'enseignant(e) au partage de savoirs et au soutien entre collègues. Enfin, dans sa dimension idéologique, la [CA] sert à l'émancipation des enseignants, par l'utilisation des recherches, en reconnaissant leur rôle dans la production de ces recherches, et elle vise ultimement à créer une cohésion et une vision commune dans l'école. (Dionne, Lemyre et Savoie-Zajc, 2010, p. 36)

Concrètement, deux séances de travail en présentiel sont prévues pour fixer les modalités de mise en place d'une séquence d'enseignement qui mobilisera les élèves du préscolaire autour d'une DI et fixer les rôles de chacun (rédaction d'une fiche de préparation). Ensuite, un test a lieu dans une classe de préscolaire, sous la direction des deux futurs enseignants.

Dans la littérature, les retombées de la participation à une CA ont été investiguées dans le cadre de la formation continue : ouverture aux pratiques pédagogiques adoptées par les pairs ; expérimentation de nouvelles approches ou stratégies en classe ; discussion des essais avec les collègues ; adoption d'une posture de recherche ; accroissement du sentiment de compétences en sciences, etc. (Cochran-Smith et Lytle, 1999, Dionne 2003, 2008). Cependant, il n'existe pas, à notre connaissance, de travaux investiguant la possibilité et la pertinence d'étendre le cadre de la CA à la formation initiale d'enseignants, en termes de développement professionnel.

Nous avons voulu investiguer les effets sur les pratiques des futurs enseignants d'un tel dispositif, nous inscrivant ainsi dans les retombées cognitives de la CA. Ici, nous avons donc analysé des fiches de préparation de leçons. Ces dernières sont des documents écrits qui reprennent les objectifs de l'enseignant, les références au programme d'études, les savoirs, savoir-faire et savoir-être travaillés durant la séquence et le scénario de celle-ci qui précise la succession des tâches réalisées par l'enseignant et ses élèves durant la séquence.

QUESTION DE RECHERCHE

Cette recherche s'intéresse à la façon dont les futurs enseignants du préscolaire construisent leurs fiches de préparation pour des activités d'éveil scientifique : avant le module en CA et pendant celui-ci.

Voici la question de recherche : quels sont les changements perceptibles dans les fiches de préparation de leçons du préscolaire de futurs enseignants membres d'une CA, traitant d'une DI en éveil scientifique ?

Nous faisons l'hypothèse que les changements observés dans les fiches de préparation montrent une meilleure intégration et opérationnalisation de différentes phases d'une DI en éveil scientifique au préscolaire.

METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Le corpus analysé est composé de fiches de préparation de leçons réalisées à deux moments : celles rédigées par les futurs enseignants du préscolaire avant le dispositif de CA et celle co-rédigée par les duos de futurs enseignants des deux niveaux scolaires. Pour chaque futur enseignant du préscolaire (N=14), nous disposons donc de trois fiches de préparation : deux antérieures (rédigées lors du dernier stage de la deuxième année de formation) et une pendant le dispositif en CA pour un total de 42 fiches de préparation. Ces fiches de préparation présentent les intentions du futur enseignant en termes d'apprentissages à mettre en place dans leur classe et les méthodes qui seraient utilisées pour y parvenir. Il ne s'agit donc pas ce qui s'est réellement passé dans les classes et des apprentissages réels des enfants. Notons également que pour un même futur enseignant du préscolaire, il n'y a pas forcément de lien en tres trois fiches de préparation en ce qui concerne les thèmes travaillés ou l'âge des enfants (accueil, première, deuxième ou troisième maternelle)

Afin d'analyser le corpus, la première étape a été de constituer une grille d'analyse des fiches de préparation. La grille proposée par Cornet et Daro (2014) a été complétée pour mettre en évidence des étapes d'une DI en éveil scientifique (Daro, Graftiau, Stouvenakers & Hindryckx, 2011). La grille envisage ainsi 62 critères dont certains sont mutuellement exclusifs. Ces critères sont rassemblés en quatre catégories (voir grille en annexe 1).

La première catégorie (deux critères) concerne l'objectif d'apprentissage : d'une part, le futur enseignant du préscolaire mentionne-t-il explicitement dans sa fiche de préparation l'objectif d'apprentissage qu'il fixe à cette leçon et d'autre part, cet objectif d'apprentissage est-il présenté sous une forme opérationnelle (ex. : l'enfant sera capable de citer quelques animaux de la ferme et la nourriture que chacun consomme) et pas intentionnelle (l'enfant sera sensibilisé à son environnement) pour la tranche d'âge visée.

La seconde catégorie (9 critères) concerne les étapes de la DI (Daro, Graftiau, Stouvenakers & Hindryckx, 2011), identifiées par le futur enseignant du préscolaire et mentionnées dans sa fiche de préparation. Par exemple, cite-t-il le fait de faire émerger des hypothèses chez les enfants, de proposer une phase de recherche ou de découverte ?

La troisième catégorie analyse le sens des activités proposées dans la fiche de préparation (2 critères). Est-ce que l'objectif visé relève d'un apprentissage en éveil scientifique (ex. : construire la carte d'identité du lapin) ou non (ex. : remettre dans l'ordre les étapes de la recette des crêpes) ? Est-ce que l'objectif cité semble en adéquation avec le développement cognitif des élèves (le niveau d'enseignement est mentionné dans les fiches de préparation) : au niveau des concepts abordés et/ou au niveau de la démarche proposée.

La quatrième catégorie permet de préciser l'opérationnalisation annoncée des étapes de la DI dans la fiche de préparation (18 critères). Certains de ces critères sont mutuellement exclusifs et d'autres pas. Par exemple, l'amorce prévue pour motiver les élèves (E1, voir annexe 1) est plutôt une situation fictive provoquée par l'enseignant ; un appel au vécu des élèves ; l'annonce d'un concept ou encore, la motivation des élèves en faisant appel à leur imagination et leur créativité en présentant le matériel utile à la leçon et en leur demandant « qu'est-ce qu'on pourrait bien faire avec cela ? ¹ ». Ces critères sont exclusifs. Par contre, les critères E2 à E7 (voir grille en annexe 1) qui précisent par quelle(s) étape(s) de la DI les élèves vont être mobilisés, ne sont pas exclusifs. Le futur enseignant peut avoir prévu de mobiliser les élèves par l'émission d'hypothèses de travail pour la recherche ainsi que par un projet de communication (ex. : faire une affiche pour présenter aux parents).

La cinquième catégorie de critères permet de mettre en évidence la façon dont le futur enseignant prévoit (ou non) de faire émerger et, éventuellement, traiter les représentations initiales des élèves (comment, à quel moment, en les confrontant à quoi).

À la deuxième étape, les fiches de préparation ont été analysées et la grille complétée. Chaque critère a été codé 1 lorsqu'il était présent et 0 lorsqu'il était absent.

La troisième étape a consisté, pour chaque futur enseignant et pour chaque critère, à calculer la différence entre le score de la fiche de préparation pendant et la moyenne des scores des deux fiches de préparation avant la CA². Une différence positive renseigne donc un gain pour un critère, tandis qu'une différence négative renseigne une perte. Un score nul indique une absence d'évolution : présence ou absence du critère pour les trois préparations envisagées.

Nous avons ensuite comparé l'évolution des critères deux à deux. Pour chacune des paires de critères et pour chaque futur enseignant, nous avons codé 1 lorsque les critères évoluaient de la même manière (gain, perte ou statu quo) et 0 lorsqu'ils évoluaient de manière différente. Pour chaque paire de critères, les codages des 14 futurs enseignants ont été sommés et insérés dans une matrice globale de comparaison. Nous disposons donc, à ce stade, d'une matrice de 62x62 ; chaque élément de la matrice pouvant être compris entre 0 et 14.

Cette matrice a ensuite été scindée en deux : une reprenant les gains et l'autre, les pertes. Les statu quo ne sont pas analysés ici. Pour chacune de ces deux matrices, seules les paires de critères dont l'évolution était partagée par au moins 4 futurs enseignants ont été conservées (dans l'ensemble des données, le nombre de futurs enseignants partageant la même évolution par paire de critères va de 0 à 7 ; nous avons fait le choix de conserver la moitié supérieure du tableau de données : de 4 à 7 paires de critères).

À la dernière étape, nous avons identifié les critères qui évoluaient conjointement chez les mêmes futurs enseignants, en gain et/ou en perte.

RESULTATS

L'analyse des fiches de préparation montre une disparition du fait de mobiliser des élèves par

1 Cette phrase est indiquée textuellement dans les fiches de préparation

2 Cette moyenne est égale à 1 lorsque le critère est présent dans les deux fiches de préparation, 0 lorsqu'il est absent dans les deux fiches et à 0,5 lorsqu'il est présent dans une seule des deux fiches. Ce passage à la moyenne permet d'accorder la même importance aux fiches de préparation récoltées aux deux moments (avant et pendant le dispositif en CA).

des éléments purement théoriques au profit :

- d'une phase de découverte plus libre menée par les élèves. Cette modification s'accompagne également de la disparition d'une structuration en fin de séquence, exclusivement menée par 5 futurs enseignants sur 14 (1,2,3,8 et 11),
- d'une mobilisation des élèves par la collecte de leurs représentations initiales chez 4 futurs enseignants (2,3,4,11). On observe aussi chez eux une augmentation de la mise en place d'activités adaptées à l'âge des élèves (ni trop simples, ni trop complexes). Chez 3 de ces futurs enseignants (2,3,4), la confrontation des représentations initiales des élèves aux concepts théoriques (par ex. un corrigé de l'enseignant) est remplacée par une confrontation à une réalité expérimentale (les résultats d'une expérience réalisée par les élèves).

Cinq futurs enseignants (1,2,3,4,10) progressent dans la rédaction d'objectifs d'apprentissage opérationnels. D'un stage à l'autre, ils abandonnent la mobilisation de leurs élèves par de la théorie (concepts, lois ; ex. : aujourd'hui, nous allons voir ce qui flotte et ce qui coule) ou par la question « Que va-t-on faire avec cela ? » laissant libre cours à l'imagination des enfants qui ne peuvent qu'être déçus en découvrant la suite de la leçon. Enfin, les activités proposées relèvent d'un apprentissage scientifique au détriment d'autres activités (mathématiques ou artistiques, par exemple) avec un « habillage » scientifique, comme c'était le cas avant le dispositif en CA (ex. : annoncer un travail sur les changements d'état dans la fiche de préparation et découvrir en réalité le temps de cuisson des œufs...). Pour 4 d'entre eux (1,2,3,4), il y a une meilleure adéquation des séquences avec l'âge des enfants, au niveau des activités proposées et des contenus abordés (ex. : la conception par l'enfant lui-même d'un protocole expérimental s'envisage difficilement avec des enfants de 2,5 ans, alors que s'arrêter à observer pour ressentir peut frustrer des enfants de 5 ans).

Un gain, en termes de mise en place d'une situation mobilisatrice, suivie d'une phase d'émission d'hypothèses par les élèves, est observé chez 4 futurs enseignants (1,3,11,14). Ces derniers proposent aussi des activités dont le niveau de contenu est plus adapté à l'âge des enfants. Chez 3 d'entre eux (1,3,14), ces gains s'accompagnent de plus d'opérationnalité des objectifs annoncés, d'une augmentation de l'expression par les élèves des représentations initiales avec traitement ultérieur et d'une diminution de la structuration en fin de séquence par l'enseignant seul. Sept futurs enseignants sur 14 (1,3,10,11,12,13,14) font apparaître dans leur séquence une phase d'émission d'hypothèses par les élèves. Celle-ci s'accompagne d'une disparition de la structuration en fin de séquence par l'enseignant seul. Ce mode de structuration disparaît également chez 4 des 5 futurs enseignants qui incluent une phase de recherche par les élèves dans leur séquence (1,5,7,11 mais pas 6).

Une amélioration de l'opérationnalité des objectifs s'accompagne de l'apparition, dans les séquences, d'une phase d'interprétation de résultats ; d'une ou de plusieurs phases de débats entre élèves et d'une disparition de la structuration en fin de séquence par l'enseignant seul, pour 3 futurs enseignants (1,2,7).

Chez 4 futurs enseignants (1,2,4,10), les séquences construites durant le dispositif en CA prévoient un apprentissage scientifique pour les enfants ; ce qui n'était pas le cas pour les séquences précédentes. Les séquences produites durant la collaboration sont plus adaptées à l'âge des élèves qui ne sont plus mobilisés, ni par des éléments théoriques, ni par cette question « Que va-t-on faire avec cela ? ». Enfin, ces séquences proposent une phase d'observation du-

rant laquelle les élèves sont amenés à concevoir eux-mêmes leurs critères (ex. : construire la fiche d'identité d'un animal qui permette de le différencier d'un autre).

Dans le même temps, on voit disparaître, dans les séquences construites durant le dispositif de collaboration, la phase de confrontation à une réalité expérimentale pour 8 futurs enseignants sur 14 (5,6,7,9,11,12,13,14). Pour 5 d'entre eux, les phases de recherche et/ou d'obtention de résultats par les élèves sont remplacées par une réalité imposée par l'enseignant, notamment par le biais d'apports théoriques (5,6,9,11,14). Pour les autres, cela s'explique par la diminution de phases de recherche expérimentale, au profit d'autres modalités de recherche d'information, comme la recherche documentaire.

DISCUSSION

L'analyse s'est centrée sur les critères et non sur les catégories de critères. Parmi ceux-ci, certains ont permis un codage strictement objectif (présence/absence) ; d'autres soulèvent la question de la subjectivité de leur codage. C'est le cas de l'adaptation des activités à l'âge des enfants. C'est sur la base des prescrits légaux et d'une expérience d'accompagnement de futurs enseignants en pratique de classe de plus de dix ans, en formation initiale et continue de (futurs) enseignants du préscolaire, que ces items ont été codés. En effet, les programmes pour ce niveau d'enseignement ne sont pas assez détaillés pour les trois tranches d'âge du préscolaire (2,5 à 3 ans ; 3 à 4 ans et 5 à 6 ans). Ajoutons que, afin de réduire les biais de cette subjectivité, c'est la même personne qui a codé l'ensemble des fiches de préparation.

Ces résultats reposent sur les intentions des futurs enseignants, renseignées sur leurs fiches de préparation et non sur les gains ou pertes effectifs au niveau des élèves. Cependant, le fait d'être mentionnées sur la fiche de préparation laisse à penser qu'il y a plus de probabilités qu'elles soient présentes en classe, lors de la séquence d'apprentissage.

On peut constater à la lecture des résultats qu'une place accrue est laissée à l'élève dans son apprentissage : émission de ses hypothèses, réelle confrontation de ses représentations aux résultats de ses expériences, sa mobilisation par des concepts ou des théories diminue ; la structuration finale n'est plus assumée exclusivement par l'enseignant.

La disparition de la question « Que va-t-on faire avec cela » pour mobiliser des élèves est encourageante. Cette situation était le fruit d'une mauvaise compréhension de l'idée qu'il faille partir des élèves pour construire un apprentissage scientifique. En classe, cela se traduit par un futur enseignant qui présente un matériel ciblé pour son objectif et fait deviner aux élèves ce qu'il est possible de faire avec cela. Avec l'imagination débordante d'enfants de 2,5 à 6 ans, les réponses ne coïncident jamais avec les attentes du futur enseignant, générant frustration et démotivation chez lui et ses élèves.

Le traitement des représentations initiales des élèves qui est annoncé par les futurs enseignants est amélioré : les séquences prévues leur permettent de les exprimer et celles-ci sont traitées de manière plus systématique par les futurs enseignants (confrontées à la réalité expérimentale, aux représentations des autres élèves...).

Cependant, même si des gains sont identifiés, ceux-ci ne concernent que ce qui est annoncé dans les fiches de préparation d'un petit nombre de futurs enseignants. Différentes explica-

tions coexistent et nécessitent des investigations ultérieures : le public d'élèves (les activités permettant de mettre en place une DI ne sont pas les mêmes avec des enfants de 3 ou 6 ans) ; certains futurs enseignants étaient déjà au clair avec la description de la mise en place d'une telle démarche, le dispositif ne leur permet donc pas de gains importants ; le dispositif met en jeu des facteurs relationnels (entre futurs enseignants et avec les maîtres de stage) ; certains groupes de travail ont pu rencontrer des difficultés à collaborer, freinant ainsi leur progression...

Ne sous-estimons pas non plus le rôle de l'écrit dans ces analyses des fiches de préparation. Les futurs enseignants peuvent très bien mettre en place dans leur(s) classe(s) des apprentissages qui sont efficaces pour leurs élèves, mais être incapables de les décrire précisément dans les fiches de préparation.

CONCLUSION

L'objectif de cette recherche était d'identifier les changements perceptibles dans la rédaction des fiches de préparation des leçons de futurs enseignants du préscolaire ayant vécu un dispositif de CA, pour l'enseignement d'une DI en éveil scientifique.

Bien que ces changements ne concernent que quelques futurs enseignants, l'analyse des fiches de préparation montre une plus grande place pour l'élève dans ses apprentissages, une diversification des activités proposées à l'élève ou encore, une meilleure prise en compte de ses représentations initiales.

Si l'on considère le développement professionnel comme « un processus par lequel l'enseignant et ses collègues revoient et renouvellent ensemble leur mission comme agents de changement, acquièrent et développent les connaissances, les habiletés et les savoirs essentiels pour un bon exercice professionnel » (Day, 1999, p.4) et si celui-ci « est vu comme un processus d'acquisition des savoirs qui provoque, par la suite, des changements chez l'enseignant ainsi que des nouveautés sur le plan de sa pratique. (Uwamariya et Mukamurera, 2005, p.142) », il semble alors que le dispositif de CA permette effectivement une amorce de développement professionnel chez les futurs enseignants, d'où la pertinence d'un tel dispositif en formation initiale.

Il faut désormais questionner la pérennisation des gains identifiés lors de cette étude pour les pratiques des futurs enseignants. Pour cela, l'analyse des fiches de préparation réalisées par les futurs enseignants du préscolaire, seuls, après le dispositif de collaboration est envisagée.

BIBLIOGRAPHIE

- Cochran-Smith, M. & Lytle, S. (1999). Relationships of knowledge and practice: teacher learning in communities. *Review of research in education*, 24, 249-305.
- Cornet, J. & Daro, S. (2014). *Voir double pour mieux comprendre. Outils didactiques pour la formation des enseignants en sciences et sciences humaines*. Liège : Edipro.
- Daro, S., Graftiau, M.-C., Stouvenakers, N. & Hindryckx, M.-N. (2011). *Sciences en classe. Une démarche d'investigation pour donner du sens au cours de sciences entre 10 et 14 ans*. Namur : Labor Education.
- Day, C. (1999). *Developing teachers. The challenges of lifelong learning*. Londres : Falmer Press.

- Dionne, L. (2003). *La collaboration entre collègues comme mode de développement professionnel chez l'enseignant*. Thèse de doctorat inédite. Université du Québec à Montréal.
- Dionne, L. (2008). La communauté d'apprentissage en réponse aux besoins de développement professionnel des enseignants en sciences et technologie. *Didaskalia*, 32, 159-184.
- Dionne, L., Lemyre, F. & Savoie-Zajc, L. (2010). La communauté d'apprentissage comme dispositif de développement professionnel des enseignants. *Revue des sciences de l'éducation*, 36 (1), 25-43.
- Uwamariya, A. & Mukamurera, J. (2005). Le concept de « développement professionnel » en enseignement : approches théoriques. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(1), 133-155.

ANNEXE : GRILLE D'ANALYSE

Critères	
L'objectif d'apprentissage est mentionné	
L'objectif d'apprentissage est opérationnel	
Mobilisation des élèves (voir E1 à E7 ci-dessous)	
Hypothèse	
Phase de recherche, quelle que soit sa forme (voir E8 à E11)	
Découverte	
Manipulation par les élèves	
Moment(s) de mise en commun de résultats	
Résultats	
Interprétation	
Institutionnalisation des apprentissages (voir E12)	
Un apprentissage scientifique est visé Ex. : un travail de recherche sur l'anatomie de l'abeille vs. un bricolage d'abeille avec un tube en carton	
Semble en adéquation avec le développement cognitif des élèves	au niveau du contenu
	au niveau de la démarche
E1. L'amorce utilisée pour mobiliser l'élève est...	une situation provoquée par l'enseignant (réelle ou fictive) Ex. : la lecture d'un livre narratif qui parle d'une graine pour amorcer une séquence d'apprentissage sur les conditions de germination
	un appel au réel reconstruit par l'élève Ex. : évoquer les découvertes faites lors d'une sortie en forêt au début d'une séquence
	notion, concept, théorie Ex. : amorcer la séquence par « aujourd'hui, nous allons travailler sur les aimants »
	« Que va-t-on faire avec cela ? » Cela consiste en une présentation par l'enseignant d'un matériel ciblé en lien avec son objectif. Il demande alors aux élèves ce qu'il est possible de réaliser avec ce matériel.
<i>(critères mutuellement exclusifs)</i>	

E2. L'élève va être mobilisé par la résolution d'un problème	
E3. L'élève va être mobilisé par l'énoncé d'hypothèses	
E4. L'élève va être mobilisé par la formulation de questions	
E5. L'élève va être mobilisé par la construction d'un modèle	
E6. L'élève va être mobilisé par le dénouement d'une énigme	
E7. L'élève va être mobilisé par un projet de communication	
E8. Expérimenter (ou enquêter) en... <i>(critères mutuellement exclusifs)</i>	l'absence de protocole, par tâtonnement
	suivant un protocole élaboré par l'enseignant
	concevant soi-même un protocole expérimental
E9. Observer pour... <i>(critères mutuellement exclusifs)</i>	s'imprégner (ressentir globalement ou émotionnellement)
	comparer et/ou classer en concevant soi-même les critères de comparaison
	comparer et/ou classer en utilisant des clés ou critères donnés par l'enseignant
	comprendre en sélectionnant des éléments pertinents
E10. Modéliser en ... <i>(critères mutuellement exclusifs)</i>	créant soi-même une représentation explicative du réel
	utilisant une représentation explicative du réel existante (du savoir constitué)
	confrontant différentes représentations explicatives du réel (du savoir constitué) concurrentes actuellement
	confrontant différentes représentations explicatives du réel (du savoir constitué) successives dans l'histoire de la discipline
E11. Chercher des informations... <i>(critères mutuellement exclusifs)</i>	de manière libre et ouverte (Internet, bibliothèque...)
	dans un dossier documentaire contenant toutes les informations nécessaires
	dans un dossier documentaire contenant toutes les informations, utiles et inutiles
	dans un dossier documentaire contenant toutes les informations, vraies et fausses
	auprès de personne(s)-ressource(es)
E12. Institutionnaliser...	à partir de traces produites par les élèves lors de l'activité

<i>(critères mutuellement exclusifs)</i>	en cours de démarche...	à partir d'explications données par l'enseignant
	en fin de démarche ...	à partir de traces produites par les élèves lors de l'activité
		à partir d'explications données par l'enseignant
<i>(critères mutuellement exclusifs)</i>	E13. Transférer en ...	donnant des exemples de la vie courante où les apprentissages s'appliquent
		faisant appliquer la démarche suivie à une situation semblable
		faisant utiliser les apprentissages pour donner du sens à une situation différente
E14. Communiquer des pairs à l'intérieur du groupe d'apprentissage		
E15. Communiquer à des pairs à l'extérieur du groupe d'apprentissage		
E16. Communiquer à un public extérieur pour l'informer		
E17. Communiquer à un public extérieur pour alimenter le débat		
E18. Communiquer à l'enseignant pour vérification/expression		
<i>(critères mutuellement exclusifs)</i>	R1. Les représentations sont...	préalablement explicitées sans traitement systématique ultérieur
		préalablement explicitées avec traitement systématique ultérieur
		mobilisées implicitement et collectivement
		ni explicitées, ni mobilisées
R2. Les représentations sont confrontées à celles des autres élèves (conflit socio-cognitif)		
R3. Les représentations sont confrontées à des informations factuelles divergentes (documents, témoignages...)		
R4. Les représentations sont confrontées à la réalité imposée par l'enseignant (corrigés, apports théoriques...)		
R5. Pas de confrontation apparente des représentations		
R6. Les représentations sont confrontées aux résultats obtenus en classe lors des recherches		

« PAYSAGE CONCEPTUEL » DE L'ÉVOLUTION : UN OUTIL POUR LA FORMATION DES ENSEIGNANTS

Fabienne Paulin¹

1 : Sciences, société, historicité, éducation et pratiques (S2HEP)
Université Claude Bernard - Lyon I

Résumé : Les nouveaux programmes des sciences de la vie et de la Terre (SVT) du secondaire français prescrivent, davantage que les précédents, l'apprentissage conjoint des savoirs disciplinaires, de leur nature et de leur mode de construction nécessitant, selon nous, des compétences substantielles en termes d'épistémologie. Certaines caractéristiques du savoir mobilisé par des enseignants de SVT et des élèves de la filière scientifique sur le thème de l'évolution, ont été mises au jour par la construction de « paysages conceptuels ». L'outil utilisé, issu de la sociologie et adapté à notre étude, permet de récolter des données qualitatives et quantitatives sur la nature et la circulation des savoirs dans le champ scolaire. Il pourrait, à ce titre, être un outil réflexif à mobiliser dans la formation des enseignants de SVT.

Mots-clés : évolution, formation des enseignants, savoirs, réseau conceptuel

Abstract : The new French secondary school biology and geology curricula prescribe more than the previous ones the learning of disciplinary knowledge, its nature and mode of construction requiring, in our opinion, high skills in terms of epistemology. Some characteristics of the knowledge mobilized by SVT teachers and students on the theme of evolution have been revealed by the construction of «conceptual landscapes». The tool used, derived from sociology and adapted to our study, makes it possible to collect qualitative and quantitative data on the nature and circulation of knowledge in the school field. As such, it could be a reflective tool to be used in the training of SVT teachers.

INTRODUCTION

Les nouveaux programmes scolaires du secondaire français appliqués à la rentrée 2019, insistent davantage que les précédents sur la compréhension d'un « réel complexe » que l'élève « analyse » et « dont il élucide les interactions. » Ils prescrivent également l'apprentissage conjoint des savoirs validés, de leur nature et de leur mode de construction¹. Ces éléments d'intentions préfigurent, selon nous, les caractéristiques d'un savoir apodictique, pouvant être construit dans une dynamique de problématisation (Fabre & Orange, 1997 ; Lhoste, 2018).

Il s'agit dès lors de questionner les conditions d'un enseignement des sciences menant à la construction d'un tel savoir. Dans un travail précédent, nous avons mobilisé et adapté un outil d'enquête issu de la sociologie et de la psychologie sociale, le réseau d'association (Abric, De Rosa, Moscovici), qui nous a permis de caractériser certains aspects des savoirs sur le thème de l'évolution d'un panel d'enseignants des sciences de la vie et de la Terre (SVT)². Nous avons poursuivi ce travail en mobilisant le même outil auprès d'un panel d'élèves de terminale scientifique, au terme de leur année scolaire et avant l'épreuve du baccalauréat. Les résultats des enseignants testés montrent, sans réelle surprise, un fort ancrage dans les programmes scolaires sur le plan des termes mobilisés et de leurs définitions ainsi qu'un tropisme important vers les aspects fonctionnalistes (et manipulatoires) du champ de l'évolution. Plus étonnant est l'aspect fragmentaire des notions mobilisées qui sont peu mises en réseau, ce qui est un des critères d'un réel savoir conceptuel. Nous discuterons des implications possibles de ces résultats et de l'utilisation de cet outil d'analyse dans la formation des enseignants, au regard également du paysage conceptuel sur l'évolution obtenus pour le panel d'élèves de la filière scientifique ayant participé à notre enquête.

« PAYSAGES CONCEPTUELS SUR L'ÉVOLUTION » : RÉFÉRENCES ET CADRES THÉORIQUES.

Nous mobilisons ici les fondements et les apports épistémologiques du cadre théorique de la problématisation développés initialement par Fabre et Orange (1997) : les savoirs se construisent en lien dynamique avec les problèmes qu'ils résolvent en articulant le champ des contraintes du problème travaillé avec un champ des possibles (les solutions envisageables). C'est à cette condition que les savoirs construits ont les caractéristiques d'un savoir nécessaire (ça ne peut être autrement au regard des contraintes) ou apodictique (Orange, 2005 ; Lhoste 2017). Concernant les sciences de l'évolution, nous reprenons les analyses de plusieurs auteurs les présentant comme des sciences travaillant de manière distincte ou complémentaire des problèmes fonctionnalistes et des problèmes historiques (Gayon, 2004 ; Gohau, 2012 ; Gould, 1998 ; Orange Ravachol, 2012). Notre référence en termes de savoir sur l'évolution sera l'énoncé proposé par Barberousse (2011) en tant qu'il prend en compte les évolutions épistémologiques récentes de la théorie de l'évolution et présente, selon nous, des caractères d'apodicticité pertinents pour notre étude :

« De façon schématique, nous pouvons dire que la théorie de l'évolution prend pour point de départ le fait que les organismes peuvent se reproduire et que les descendants issus de ces événements de reproduction peuvent présenter des différences avec leurs parents.

D'autre part, chaque organisme a une existence délimitée dans l'espace et le temps. La

1 https://cache.media.education.gouv.fr/file/SP1-MEN-22-1-2019/13/4/spe573_annexe_1063134.pdf consulté le 23 octobre 2019

2 Ce travail a fait l'objet d'une communication aux 10èmes journées de l'Ardist 2018.

théorie de l'évolution nous dit que dans ce contexte, la structure du réseau généalogique dépend des processus de tri aléatoire (dérive) et sélectif (sélection naturelle) qui agissent à chaque génération sur les organismes.

L'action de ces deux processus est déterminée à la fois par les caractéristiques intrinsèques des organismes et par le contexte spatio-temporel dans lequel ils se trouvent. » (Barberousse, 2011, p. 369)

Cet énoncé borne, sous une forme synthétique, l'ensemble des composants du cadre évolutif que nous mobilisons ici et qui seront nos critères d'analyse. Ce sont d'abord les « conditions de possibilités » de l'évolution, c'est-à-dire les propriétés biologiques qui autorisent « la descendance avec modifications », pilier darwinien toujours efficient. Il s'agit de la variation des génomes, intrinsèque au vivant, de la reproduction et de la transmission possible de certaines caractéristiques, c'est-à-dire l'hérédité. Les autres composants sont un cadre spatio-temporel changeant, des mécanismes évolutifs (les processus : sélection et dérive génétique) et les structures historiques du vivant, c'est-à-dire les organismes vivants insérés dans leur réseau généalogique (les patterns).

Un savoir apodictique mobilise par ailleurs des concepts scientifiques dont nous retiendrons ici un des paramètres essentiels : « Un concept fonctionne toujours en relation avec d'autres concepts théoriques et techniques. Il est un nœud dans un réseau de relations, cohérent et organisé, et non un élément disposé à côté d'autres par simple juxtaposition » (Rumelhard, 1986, p. 13).

Nous pensons que mettre en œuvre des activités d'enseignement permettant de travailler les problèmes évolutifs dans l'optique de développer un savoir apodictique, nécessite en premier lieu la maîtrise du cadre théorique de l'évolution biologique dans ses aspects scientifiques et épistémologiques. Notre étude questionne, en ce sens, non pas un dispositif didactique d'enseignement de l'évolution, mais le cadre de pensée dans lequel les enseignants construisent leur enseignement de l'évolution.

STRUCTURE DU SAVOIR MOBILISÉ PAR DES ENSEIGNANTS ET DES ÉLÈVES SUR L'ÉVOLUTION : ÉTUDE PRATIQUE

Nous mobilisons un outil d'enquête élaboré par Abric (1994) et donnant accès aux « représentations sociales » d'un groupe de personnes. Le concept de « représentation sociale » est issu de la psychologie sociale (Moscovici, 1961) et a été mobilisé dans le champ des sciences de l'éducation, notamment dans le cadre des « éducations à... » et de l'enseignement du développement durable (Barthes & Alpes, 2016). Il désigne, dans un sens large, l'ensemble des opinions, des attitudes et des croyances partagées au sein d'un groupe sur un objet donné. Nous le mobilisons ici pour des publics experts, soit de l'évolution (les chercheurs), soit de l'enseignement de l'évolution (les enseignants). Les résultats obtenus (sous forme d'objets du champ de l'évolution et de leurs relations) ne peuvent donc être considérés comme des croyances ou des opinions personnelles, mais sont davantage des représentations professionnelles, c'est-à-dire un sous-groupe des représentations qui portent sur des objets propres à un domaine de compétences. Les représentations sociales ont également et surtout un rôle structurant dans un groupe donné et cet aspect nous intéresse dans le sens où nous cherchons à connaître le cadre de pensée sur l'évolution des différents milieux que nous étudions³.

3 Dans le champ de la didactique, les représentations sont davantage mobilisées pour repérer

L'outil de recueil, que nous avons adapté pour notre étude, nous permet de formaliser ce que nous nommons un « paysage conceptuel » qui donne à voir les items qui structurent la représentation sur l'évolution du groupe testé. Un corpus de définitions associées aux items permet d'en estimer l'aspect relationnel qui est un élément central d'un savoir conceptuel.

MÉTHODOLOGIE

RECUEIL DES DONNÉES

Le protocole comporte plusieurs étapes basées sur l'association d'idées. Un mot-stimulus est proposé aux participants uniquement au moment de l'enquête. Dans notre cas c'est le terme « Évolution ». La consigne consiste dans la réalisation des 3 étapes suivantes :

- Établir une liste d'évocations de manière spontanée d'une vingtaine d'items en quelques minutes.
- Établir ensuite une liste pour classer par ordre d'importance les items de la liste d'évocation. (Temps illimité)
- Écrire la définition des 5 premiers items de la liste d'importance.

CORPUS

Nous avons recueillis 67 listes d'importance pour le mot-stimulus « évolution » et 335 définitions auprès de 67 enseignants de SVT.

73 listes d'importance ont été récoltées auprès d'élèves de terminale scientifique de la région lyonnaise dont l'enseignement de l'évolution a été assuré par 3 professeurs différents.

TRAITEMENT DES DONNÉES

L'analyse est conduite sur les listes d'importance et consiste à croiser la fréquence moyenne d'un item dans l'ensemble des listes ainsi que son rang moyen (c'est-à-dire sa position entre 1 et 5). Ce traitement statistique aboutit à la formation de 4 groupes décrits dans le tableau ci-dessous.

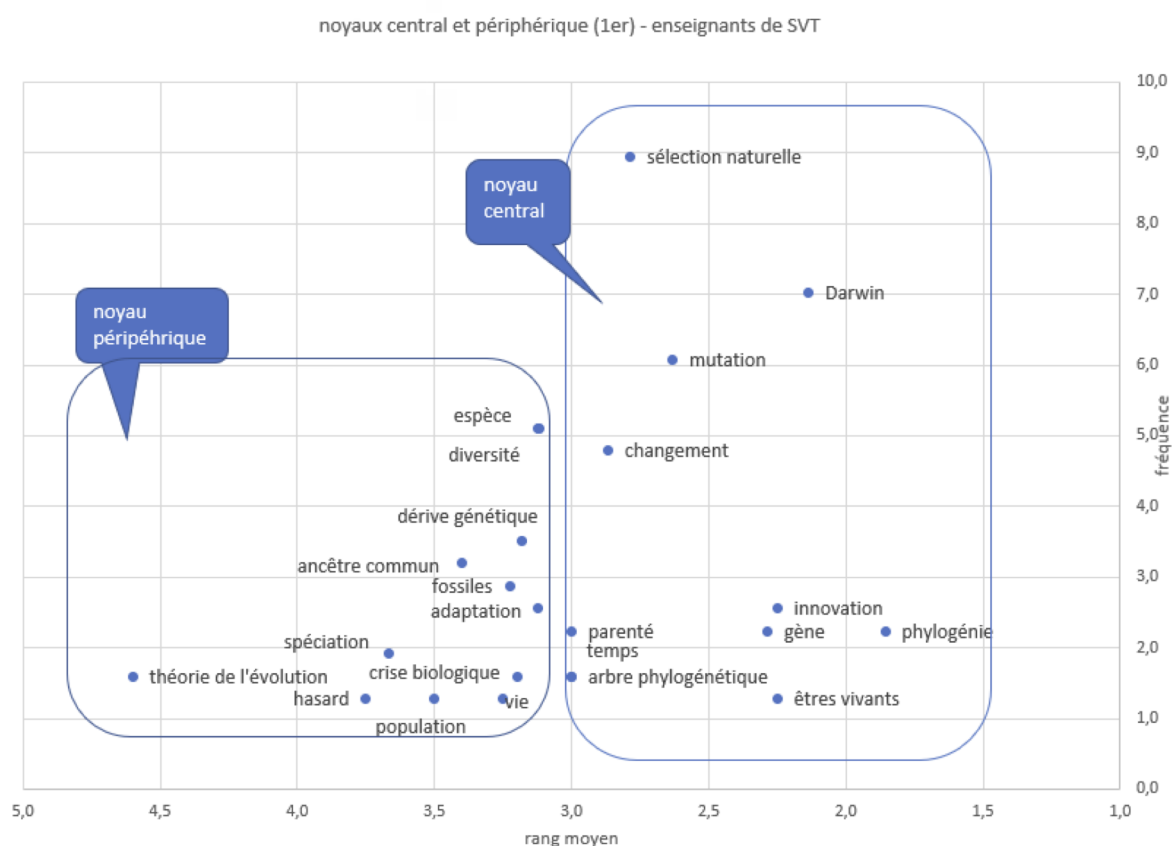
	Fréquence de l'item > fréquence moyenne de l'ensemble des items	Fréquence de l'item < fréquence moyenne de l'ensemble des items
Rang moyen fort ≤ 3	Noyau central (1) items consensuels et solides du domaine exploré	Éléments contrastés (3) items peu fréquents
Rang moyen faible > 3	1 ^{er} noyau périphérique (2) éléments significatifs mais plus fluctuants	2 nd noyau périphérique (4) items peu fréquents et placés dans un rang faible

Tableau 1. : Groupes d'un réseau d'association (Abric, 1994)

Le paysage conceptuel est construit à partir des items du noyau central et du premier noyau périphérique, en tant qu'ils sont les plus partagés et les plus solides de la représentation. Nous les plaçons sur un graphique de fréquence en fonction du rang (cf. graphique 1.). Nous les clas-

les obstacles (dans le sens bachelardien du terme) qui freinent l'apprentissage. Dans ce travail nous ne les envisageons pas dans ce sens.

sons ensuite en fonction des catégories définies dans notre cadre de référence : conditions de possibilités de l'évolution, cadre spatio-temporel, mécanismes de l'évolution (process), structures matérielles et historiques de l'évolution (patterns) et faisons apparaître graphiquement ces catégories sur le paysage conceptuel ainsi constitué.



Graphique 1. : paysage conceptuel de l'évolution des enseignants de SVT (les catégories ne sont pas apparentes ici)

Nous repérons ensuite comment les items se « répondent » et sont mis en réseau dans les définitions récoltées. Par exemple, la définition de « sélection » contient souvent l'item « adaptation » qui lui-même renvoie à celui d'« environnement ». Nous quantifions et cartographions l'ensemble des liens repérés, visualisant ainsi la densité et la répartition des connexions (cf. figures 1 et 2). La superposition du paysage et du réseau conceptuel est possible mais délicate, car peu lisible quand on ne peut faire bouger les données quantitatives de fréquence et de rang. Pour cette raison, nous les présentons séparément.

RÉSULTATS

Nous retrouvons, dans le paysage conceptuel des élèves, des éléments communs avec celui des enseignants testés et quelques spécificités (Ci-dessus, un exemple de paysage conceptuel, celui des enseignants de SVT).

La première surprise concerne l'absence, dans le paysage des enseignants, des conditions de possibilités de l'évolution (reproduction, variation et hérédité). Aucun des 67 enseignants ne les a citées. Les élèves du corpus ont cité la reproduction, mais d'après les définitions correspon-

dantes, il s'agit de l'aspect cellulaire et génétique qu'ils étudient dans le premier chapitre du programme de terminale S (le brassage génétique et sa contribution à la diversité génétique).

Nous repérons également une proportion importante de patterns, notamment les structures matérielles de l'évolution (fossiles, êtres vivants, gènes, cellule, ...), qui sont également des observables de l'évolution ; cette tendance étant plus marquée chez les élèves. Pour résumer, nous pouvons dire que les paysages conceptuels font pencher les représentations davantage vers les effets de l'évolution que vers les causes, comme si les enseignants et les élèves avaient répondu à la question « quels sont les résultats (observables) de l'évolution ? » plus qu'à la question : « Qu'est-ce qui permet l'évolution du vivant ? ».

L'analyse des définitions fait, quant à elle, émerger un réseau présentant un maillage faible organisé en îlots qui sont en partie à l'image des chapitres du programme de terminale S que nous exposerons plus finement lors de la présentation.

Nous remarquons également un nombre important d'items qui ne sont en lien qu'avec un seul autre item (11 chez les enseignants sur 23 items présents sur le réseau ; 10 chez les élèves sur 30 ites), signe d'un maillage assez lâche du réseau obtenu.

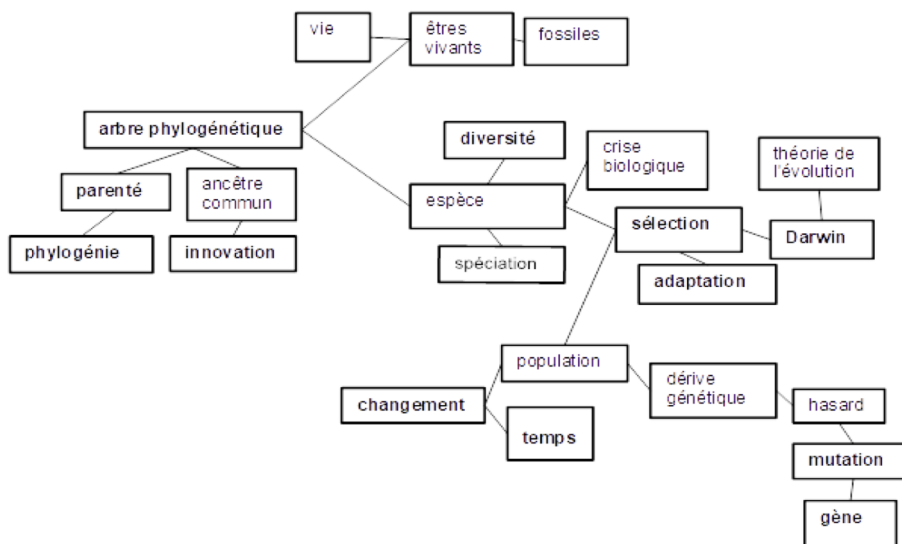


Figure 1 : réseau conceptuel chez les enseignants

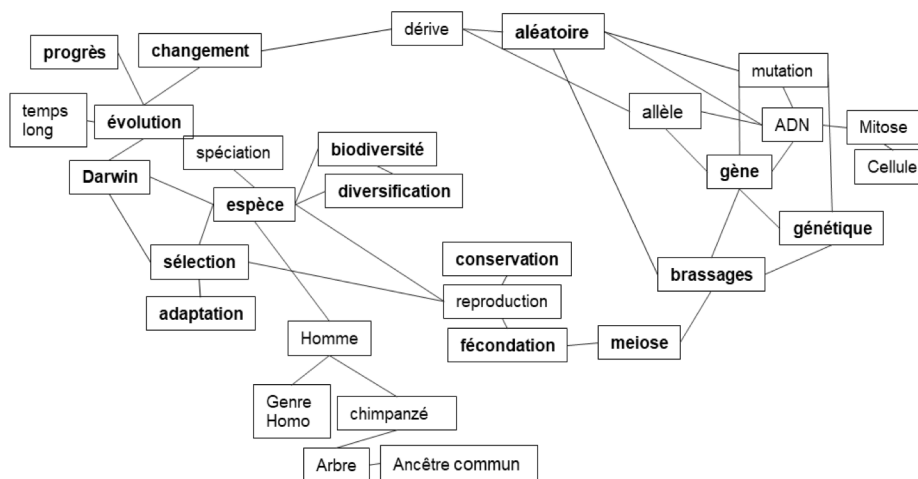


Figure 2 : réseau conceptuel chez les élèves

ELÉMENTS DE DISCUSSION

L'absence des conditions de possibilités de l'évolution dans les résultats des enseignants et des élèves, associée à une focalisation perceptible sur les effets de l'évolution (et non sur les causes), peut d'abord questionner la possibilité de fonder les problèmes évolutifs traités dans la classe sur les raisons de l'évolution qui sont le niveau d'explication qu'il nous semble nécessaire d'atteindre dans un cursus scientifique.

L'aspect fragmenté et peu dense du réseau conceptuel interroge, quant à lui, le caractère conceptuel des items retenus chez les enseignants. Les items principaux de l'évolution mobilisés par les enseignants sont-ils davantage des notions que des concepts ? Il semble nécessaire de poursuivre la recherche sur la nature des savoirs mobilisés dans l'enseignement de l'évolution.

Les îlots repérables des réseaux conceptuels, mimant peu ou prou les chapitres du programme (c'est plus prégnant chez les élèves), montre ici l'importance du découpage de ce programme qui pourrait s'avérer être éventuellement un frein à une approche systémique de l'évolution.

Mais au-delà des questions épistémologiques et didactiques que ces résultats permettent de poser, l'outil utilisé et testé dans cette étude possède, selon nous, un potentiel cognitif et métacognitif important pour la formation des enseignants, en cela qu'il oblige celui qui le manipule comme celui qui y répond, à une forme d'introspection sur ses propres représentations ou cadre de pensée et qu'il fournit également des informations qualitatives et quantitatives sur la circulation et la construction des savoirs dans la classe. Il reste à le tester et à l'évaluer sur d'autres thématiques et également dans des dispositifs de formation des enseignants.

BIBLIOGRAPHIE

- Abric, J.-C. (2003). La recherche du noyau central et de la zone muette des représentations sociales. In J.C. Abric (Ed.), *Méthodes d'études des représentations sociales*, (pp.59-80). Toulouse : Eres « Hors-collection ».
- Barberousse, A. (2001). Pourquoi et comment formaliser la théorie de l'évolution. In T. Heams, P. Huneman, G. Lecointre & M. Silberstein (Eds.), *Les mondes darwiniens - L'évolution de l'évolution*, (pp. 361-385). Paris : Éditions matériolo-

- giques, www.materiologiques.com.
- Barthes, A. & Alpe, Y. (2016). *Utiliser les représentations sociales en éducation*. Paris : L'Harmattan, Collection Logiques Sociales, 220 p.
- De rosa, A. S. (2003). Le réseau d'association. In J.C. Abric (Ed.) *Méthodes d'études des représentations sociales*, (pp. 81-117). Toulouse : Eres « Hors-collection ».
- Fabre, M. & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles, *ASTER*, **24**, 37-57.
- Gayon, J. (2004). *De la biologie comme science historique, Sens public*, dossier « La représentation du vivant : du cerveau au comportement ». En ligne : <http://www.sens-public.org/article32.html>
- Gohau, G. (2012). Des sciences palétiologiques (Whewell) aux archives de la nature. In : *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, 3ème série*, (pp. 55-65), 26(3).
- Gould, S. (1998). *La vie est belle : les surprises de l'évolution*. Paris : Editions du Seuil.
- Lhoste, Y. (2017). *Epistémologie et didactique des SVT : Langage, apprentissage, enseignement des sciences de la vie et de la Terre*. Bordeaux : Presses Universitaires de Bordeaux.
- Moscovici, S. (1961). *La psychanalyse, son image et son public*. Paris : Presses universitaires de France.
- Orange, C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les sciences de l'éducation - Pour l'ère nouvelle*, **38**, 69-94.
- Orange Ravachol, D. (2012). *Didactique des sciences de la vie et de la Terre : entre phénomènes et évènements*. Rennes : Presses Universitaires de France.
- Rumelhard, G. (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne ; Francfort-s. Main ; New-York : Peter Lang.
- Ministère de l'Éducation Nationale, *Programme d'enseignement scientifique de première générale, Bulletin officiel spécial n°1 du 22 janvier 2019*.
En ligne : https://cache.media.education.gouv.fr/file/SP1-MEN-22-1-2019/13/4/spe573_annexe_1063134.pdf (consulté le 29 octobre 2019)

PLACE DES ÉCRITS POUR PENSER EN SCIENCES À L'ÉCOLE MATERNELLE DE LA PRISE DE CONSCIENCE À UN CHANGEMENT DE PRATIQUE ?

Laurence Dedieu¹, Elisabeth Plé¹

1 : Centre d'Étude et de Recherche sur les Emplois et la Professionnalisation (CEREP)
Université de Reims Champagne-Ardenne : EA4692

Résumé : Cette communication présente les résultats d'une recherche exploratoire menée auprès de neuf enseignants d'école maternelle afin de caractériser leurs usages des écrits lors d'activités scientifiques. Les résultats montrent que ces usages sont le plus souvent tournés vers les fonctions de mémorisation et de communication. La confrontation de ces enseignants à la pratique filmée de pairs faisant un « usage instrumental » des écrits, c'est-à-dire au service de la construction du raisonnement de l'élève, suscite intérêt et intention de faire, malgré le repérage d'obstacles matériels ou liés aux faibles capacités langagières des élèves. Une étude de cas réalisée auprès d'une enseignante de l'échantillon précédent et convaincue de l'intérêt des écrits réflexifs, montre que les écrits mis en place par celle-ci, prennent une tout autre valeur instrumentale probablement résultant d'une épistémologie pratique différente.

Mots-clés : écrits instrumentaux, école maternelle, éducation scientifique, pratique enseignante

PLACE TO THE WRITING TO THINK AT PRESCHOOL FROM AWARENESS TO A CHANGE OF PRACTICE ?

Abstract : This paper presents the results of an exploratory research conducted with nine preschool teachers to characterize their use of writing during scientific activities. The results show that these uses are most often focused on memory and communication functions. The confrontation of these teachers with the filmed practice of peers making an «instrumental use» of the writings that is to say in the service of the construction of the reasoning of the student, arouses interest and intention to do despite the identification of obstacles, material or related to the low language abilities of students. A case study concerning one of the teachers from the previous sample and convinced of the interest of reflexive writings, shows that the writings put in place by this teacher take on a completely different instrumental value probably resulting from a different practical epistemology.

Keywords : instrumental writings, preschool, scientific education, teaching practice

INTRODUCTION

La production d'écrits par les élèves lors des activités scientifiques joue un rôle essentiel dans l'élaboration du raisonnement et la construction de la pensée (Vérin, 1995 ; Schneeberger & Vérin, 2009). La mise en œuvre d'une écriture serait même indispensable à la conceptualisation (Schneeberger & Vérin, 2009). À l'école maternelle, les élèves entrent tout juste dans la culture de l'écrit. Comme l'encouragent les instructions officielles (B.O. n° 2 du 26 mars 2015), ils sont familiarisés progressivement avec différentes formes d'écrits. Les écrits les plus couramment utilisés sont collectifs (affiches, le plus souvent) et de type « expositif ». Ils permettent de se souvenir des idées que l'on a eues ou de rendre compte de ce que l'on a fait. Même si les élèves ne maîtrisent pas le principe alphabétique à ce stade de scolarité, la production d'écrits développant questionnement et mise en mouvement de la pensée est toutefois possible. Ces « traces », qu'elles prennent la forme d'écrits de positionnement (Plé, 2016) ou de dessins, acquièrent ainsi une forte valeur « instrumentale » (Vérin, 1988).

Cette recherche exploratoire vise à identifier et analyser les freins à l'usage des écrits instrumentaux dans les pratiques usuelles en sciences, des enseignants de maternelle.

Elle vise également, au travers d'une étude de cas, à analyser comment la confrontation à la pratique de pairs peut susciter une prise de conscience du pouvoir instrumental des écrits et induire, ou non, une modification des pratiques d'usage.

CADRE THEORIQUE ET PROBLEMATIQUE

En accord avec les travaux de Coquidé *et al.* (2007), nous considérons que les activités scientifiques à l'école maternelle doivent laisser une place importante à la « familiarisation pratique » avec des objets, des procédés et des rôles. Toutefois, ces activités ne peuvent se limiter à une familiarisation. Il s'agit aussi d'amener les élèves à se détacher de l'action pour adopter une posture réflexive ; autrement dit, de passer d'un registre empirique de l'action à un registre d'élaboration intellectuelle mobilisant la recherche d'explication (Martinand, 1994). Ce passage d'un registre à l'autre doit être accompagné par l'enseignant. De nombreux travaux (Schneeberger & Vérin, 2009 ; Larraín, 2016 ; Howe, 2009) ont mis en avant le rôle déterminant des outils langagiers, en particulier des écrits et des débats, pour faire réfléchir les élèves, les aider à se distancer de l'action, poser leurs idées, les confronter, les remettre en question et les faire évoluer.

Lors d'une recherche antérieure de type collaboratif (Plé, 2016 ; Plé, 2019 ; Plé, à paraître), nous avons identifié quelques formes possibles pour ces écrits de travail que nous avons qualifié aussi « d'écrits instrumentaux » en référence à Vygotsky. Il s'agit tout d'abord d'un tableau dit de positionnement qui rassemble de manière synoptique, à l'aide des prénoms des élèves de la classe, le point de vue de chacun sur une question scientifique donnée présentée de façon binaire (par exemple « c'est le vent ou non qui fait se déplacer l'eau de la rivière »). Tout au long de l'investigation, les élèves peuvent changer de point de vue et chacun acte son changement dans le tableau en ajoutant une flèche partant de son prénom situé dans une colonne vers l'autre colonne. En jouant à la fois sur l'opposition (deux points de vue différents attestés par des prénoms dans les deux colonnes) et la coopération (présence de l'ensemble des prénoms de la classe), ce tableau de positionnement est ainsi un outil privilégié pour favoriser le débat. Un second type d'écrits est constitué par des dessins individuels successifs élaborés par les

élèves, pour expliquer un phénomène. Ces écrits ne sont pas de simples dessins pour rendre compte d'une expérience mais bien des écrits intermédiaires (Chabanne & Bucheton, 2000) dont la valeur instrumentale donnée par l'enseignant qui tient son « cap conceptuel », permet l'explicitation de la pensée de l'élève et la confrontation à celle des autres.

Même si dessiner est une activité socialement ancrée chez les jeunes enfants (Picard & Zarhbouch, 2014) et largement pratiquée par les enseignants pour garder trace ou pour communiquer, nous pouvons nous interroger sur la place réelle accordée à des écrits de type instrumental à l'école maternelle et la capacité des enseignants à les mettre en œuvre.

METHODOLOGIE

Neuf entretiens semi-directifs auprès d'enseignants d'école maternelle pratiquant des activités scientifiques ont été réalisés. Ces entretiens ont questionné tout d'abord leur pratique courante du point de vue de leur démarche usuelle ainsi que de la place et de la fonction qu'ils accordent au langage. Puis, les enseignants ont été soumis à la pratique filmée de pairs (allo-confrontation, selon Mollo & Falzon, 2004) montrant l'usage de deux types d'écrits instrumentaux : des écrits de positionnement sous forme de tableau (Plé, 2016) permettant aux élèves d'exprimer individuellement un point de vue, de le confronter à celui de leurs pairs et de le faire évoluer tout au long des investigations et des écrits individuels successifs sous forme de dessins montrant la construction du raisonnement des élèves pour expliquer un phénomène scientifique. À chaque étape du visionnage, les enseignants ont été invités à réagir. Les entretiens ont été enregistrés, retranscrits puis analysés afin, d'une part, de caractériser les pratiques courantes déclarées des enseignants tant au niveau de leur démarche que de la place accordée aux écrits et afin, d'autre part, d'évaluer l'impact du visionnage des pratiques filmées. L'analyse a visé plus particulièrement à repérer chez ces enseignants l'émergence d'une prise de conscience de la fonction instrumentale des écrits scientifiques, à relever les freins et/ou obstacles déclarés par rapport à l'usage de ces écrits et, finalement, à prendre acte de leur intention à intégrer ces écrits à leur pratique.

Afin d'analyser le décalage entre les intentions et la pratique, une étude de cas a ensuite été réalisée auprès de l'une des enseignantes interrogées précédemment et ayant manifesté sa volonté d'introduire des écrits de type instrumental dans sa pratique des sciences. Cette enseignante, formatrice d'enseignants d'une vingtaine d'années d'expérience, est aussi référente départementale pour l'enseignement des sciences à l'école primaire. La commande qui lui a été faite par les chercheurs est la conception et la mise en œuvre d'une séquence sur un thème de son choix, mettant en jeu ce type d'écrits. L'ensemble de la séquence (sur le thème vivant / non vivant) a été filmé. L'analyse porte sur la fonction des écrits produits par les élèves.

RESULTATS

UNE PRATIQUE COURANTE DÉCLARÉE MONTRANT UN FAIBLE USAGE DES ÉCRITS INSTRUMENTAUX

Tous les enseignants interrogés pratiquent des activités d'exploration scientifique, basées sur des problèmes à résoudre, s'appuyant sur les idées, hypothèses ou représentations des élèves et accordant une place essentielle à l'expérimentation. Tous utilisent des écrits collectifs sous forme d'affiches, parfois photocopiées dans un cahier de vie qui circule entre l'école et la famille. Pour trois d'entre eux, cet écrit contient fréquemment des photos présentant les enfants

en activité ou des traces de leur activité. Il joue ainsi les fonctions d'aide-mémoire et de support de verbalisation dans la classe ou dans la famille. Pour deux enseignants situés en Réseau d'éducation prioritaire, cet écrit permet non seulement, de développer le lexique scientifique mais aussi, plus globalement, de renforcer la maîtrise de la langue. Pour tous les enseignants interrogés, l'affiche ou sa copie dans le cahier de vie permet de garder la trace des idées, des hypothèses ou des représentations des élèves. Deux d'entre eux insistent sur la nature provisoire de cette trace qui peut être complétée ou raturée en fonction de l'évolution des idées. Deux autres enseignants mentionnent l'intérêt de cette trace pour structurer la pensée et accéder à l'abstraction.

Seulement deux enseignants parmi les neuf interrogés déclarent faire un usage régulier des écrits individuels. Sous forme de dessins ou de mots dictés à l'adulte, ils rendent compte des idées des élèves.

L'analyse du discours met ainsi en évidence que chez la plupart des enseignants, les écrits mobilisés dans les activités scientifiques sont ritualisés et servent essentiellement à témoigner des idées des élèves. La fonction instrumentale au service d'un apprentissage n'est mentionnée que chez un seul enseignant.

VERS UNE PRISE DE CONSCIENCE DE L'INTÉRÊT DES ÉCRITS INSTRUMENTAUX

La confrontation des enseignants à deux exemples de pratiques filmées montrant un usage des écrits instrumentaux, les a amenés vers une prise de conscience de leur intérêt, tant pour l'enseignant que pour l'élève.

Cinq des neuf enseignants interrogés reconnaissent que les écrits individuels permettent non seulement, d'accéder aux idées ou représentations de chaque élève, de repérer plus facilement les difficultés de chacun mais aussi, d'accéder à leur cheminement individuel de pensée. L'un des enseignants ajoute que, de fait, ces écrits peuvent être une aide à l'individualisation et à la différenciation.

Tous les enseignants voient dans ces écrits un moyen pour favoriser l'expression de chacun : donner son avis, exprimer un point de vue et le défendre de manière argumentée. L'un d'entre eux estime que souvent, les élèves « ne s'accordent pas cette liberté aussi de pouvoir dire sans savoir ». Attendre d'eux qu'ils se positionnent individuellement sur une question scientifique pourrait alors jouer un rôle social, comme le suggère l'un des enseignants interrogés : « les enfants qui sont plus en retrait d'habitude... enfin moi j'imagine qu'ils trouvent leur place naturellement... ». Ceci n'est aussi possible que parce que ces écrits autorisent le changement d'avis (tout particulièrement le tableau de positionnement) et que l'enseignant dédramatise le fait de se tromper.

Trois enseignants reconnaissent aussi dans ces écrits individuels successifs un moyen de faire accéder les élèves à l'abstraction et de clarifier leur pensée : « Je reste persuadée que l'écrit est fondamental.... Encore une fois, il s'agit de faire sortir ce qu'on a dans la tête, ce qu'on sait. Il faut le conscientiser... Dessiner, ça permet de poser les choses. C'est un effort intellectuel de représentation de ce que t'as dans la tête. ». Deux des enseignants interrogés soulignent en outre, l'intérêt de la récurrence dans la production d'écrits : « Alors pour le coup, la place du dessin, c'est central. Vu les dessins finaux, je veux dire par rapport aux premiers, j'ai l'impression que ça participe vraiment à la construction de l'objet scientifique. ». La production d'écrits suc-

cessifs permet aussi, selon l'un des enseignants interrogés, de construire un langage commun au sein de la classe par le choix d'un système de codes partagés (par exemple la flèche pour représenter la direction du vent ou le sens de déplacement d'objets soumis au vent) : « Ben là, l'histoire de la flèche... l'histoire de la direction... finalement la manipulation, elle met peut-être pas ça en évidence puisque l'air, on le voit pas. Et donc là, y a toute une réflexion. D'où ça démarre ? Où ça finit ? Et c'est le dessin qui a apporté ça. C'est le dessin. ». Finalement, la production d'écrits successifs permet non seulement, la construction du raisonnement de l'élève, mais elle est aussi, comme le souligne l'un des enseignants interrogés, support de questionnement et d'échanges entre les élèves, ce qui renforce le raisonnement et favorise la mise en place d'une communauté discursive (Jaubert, 2007).

VERS UN CHANGEMENT DE PRATIQUES ?

Les enseignants interrogés évoquent différents obstacles à la pratique des écrits montrés dans les vidéos : des obstacles matériels liés au manque de temps et au risque de démobilitation des élèves si la séquence se prolonge, à l'organisation d'école (durée des séances trop courte, effectifs trop importants) et des obstacles (pour deux d'entre eux) liés à aux faibles capacités langagières et graphiques de leurs élèves.

Cependant, tous reconnaissent la plus-value de ces écrits pour la construction du raisonnement scientifique de l'élève. L'un d'entre eux en vient même à considérer que le temps nécessaire pour mettre en œuvre cette pratique n'est finalement « ... pas une perte de temps non plus. ». Même si l'usage du tableau de positionnement ne fait pas l'unanimité (trois enseignants le trouvent confus), la plupart reconnaît son intérêt pour suivre le cheminement de l'élève et favoriser la construction de sa pensée. Bien que pouvant apparaître chronophage, la production d'écrits individuels successifs suscite aussi l'intérêt et l'envie d'expérimenter : « Du coup, là, j'ai envie de tester le dessin. J'ai envie d'essayer ».

DE L'INTENTION À LA MISE EN PRATIQUE : ÉTUDE DE CAS

L'enseignante choisie pour cette étude de cas avait accueilli favorablement les pratiques alternatives présentées dans les vidéos. Bien qu'ayant reconnu l'intérêt du tableau de positionnement, elle avait toutefois jugé sa forme confuse, tout en admettant que les élèves ne semblaient pas perturbés et avait interrogé son efficacité à permettre à tous de construire, au terme de la séquence, un « savoir juste ». Elle avait par ailleurs, été surprise par les capacités révélées par les élèves dans leurs productions d'écrits successifs et de ce fait, s'était interrogée sur sa propre pratique des écrits individuels qu'elle considérait comme limitée et également sa tendance à « prémâcher le travail » des élèves.

La séquence construite et mise en pratique par cette enseignante intègre des écrits individuels et un tableau de positionnement. Cependant, les fonctions de ces écrits sont assez éloignées de celles issues des vidéos visionnées. Si dans celles-ci, les écrits sont des outils pour penser, se détacher de l'action et conceptualiser, ils restent des écrits assez classiques chez cette enseignante (Tableau 1).

Enseignante de la vidéo	Enseignante de l'étude de cas
<ul style="list-style-type: none"> - Pour que l'élève prenne de la distance par rapport à l'action et se pose des questions. - Pour que l'élève exprime par écrit des mises en relation. - Pour que l'élève conceptualise. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pour connaître les représentations initiales des élèves. - Pour communiquer avec les familles. - Pour mémoriser les acquis en fin de séance.

Tableau 1 : Comparaison des caractéristiques des écrits individuels produits chez l'une des enseignantes de la vidéo et chez l'enseignante de l'étude de cas.

Dans la séquence visionnée, le tableau de positionnement jouait le rôle d'un outil pivot pour développer l'argumentation chez les élèves et était l'objet de nombreux allers-retours d'une colonne à l'autre pour chacun des élèves. Chez cette enseignante, il est plutôt un moyen de mieux cerner la pensée des élèves à un moment de la séquence (recherche si les graines présentées sont vivantes ou non) ; sa modification consiste seulement en la migration des noms d'élèves qui n'étaient pas dans la « bonne colonne ». C'est ici plutôt un outil accessoire qui se trouve même un peu oublié à la fin de l'étude (Tableau 2).

Enseignante de la vidéo	Enseignante de l'étude de cas
Outil de négociation des désaccords pour l'enseignante.	Un moyen de savoir « ce qu'il y a dans la tête des élèves ».
Outil invitant à la remise en question pour les élèves. Il est une aide à l'argumentation.	Un moyen de savoir si les idées des élèves évoluent.
Moyen de tissage entre les activités permettant la reproblématisation. Il est central dans la recherche.	Il apparaît à un moment puis disparaît quand il y a consensus (tous les élèves se retrouvent alors dans la même colonne). Il est accessoire dans la recherche.

Tableau 2. Comparaison des caractéristiques du tableau de positionnement chez l'une des enseignantes de la vidéo et chez l'enseignante de l'étude de cas.

ELEMENTS DE DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les neuf enseignants de maternelle interrogés dans cette étude déclarent l'utilisation d'écrits dans leurs pratiques lors des activités scientifiques mais pour sept d'entre eux, ces écrits sont le plus souvent collectifs et servent principalement à témoigner des activités réalisées.

À la suite de la confrontation à des pratiques alternatives filmées, les enseignants prennent conscience que les écrits individuels successifs permettent non seulement, d'accéder aux idées des élèves et de suivre leur évolution au cours de la démarche mais aussi, de construire leur raisonnement. Ils relèvent également l'importance de la production d'écrits individuels qui obligent l'élève à clarifier sa pensée et l'engagent plus facilement dans des échanges et des confrontations au sein de la classe. Les enseignants sont également surpris par la capacité des élèves à donner un point de vue, faire des propositions et surtout, par leur capacité à représenter graphiquement leur pensée. Même si certains évoquent des obstacles temporel et organisationnel à la mise en place de ce type d'activités, beaucoup se déclarent convaincus par le pouvoir réflexif de ces écrits et remettent en question leur pratique usuelle. Pour autant, bien qu'étant une condition nécessaire, l'émergence de ce questionnement ne préfigure pas de

transformations de pratiques ultérieures.

L'étude de cas réalisée avec une enseignante aguerrie à la pratique des activités scientifiques révèle que la valeur instrumentale (au sens de Rabardel, 1995) de cet objet, le tableau de positionnement, est maintenant tout autre. De tableau central pour donner du sens à l'investigation empirique, susciter l'argumentation et l'engagement des élèves chez l'enseignante de la vidéo, il devient un objet accessoire permettant de noter transitoirement les avis des élèves et qui s'efface quand tous les élèves se retrouvent dans la colonne correspondant à la « réponse juste ¹ » chez l'enseignante de l'étude de cas. Ici, pas d'allers-retours d'une colonne à l'autre et les seules flèches présentes dessinent un mouvement vers la « bonne colonne ». Dans les deux cas, nous sommes en présence d'enseignantes repérées comme « expertes » par l'institution mais dont les épistémologies pratiques sont probablement bien différentes.

Sensevy (2007) définit l'épistémologie pratique comme un ensemble de théorisations implicites ou même explicites, à propos des savoirs en jeu et leur enseignement. Afin de questionner plus précisément le rapport entre la valeur instrumentale des écrits réflexifs en sciences et l'épistémologie pratique de leurs utilisateurs, nous sommes en train de prolonger cette recherche par des entretiens d'auto-confrontations à la pratique de ces deux enseignantes.

Enfin, sans présager des résultats de cette nouvelle tranche de recherche et de manière plus globale, notre étude pose la question de la formation des enseignants à la pratique des écrits réflexifs en sciences. Si la vidéo semble être un support d'analyse intéressant, elle ne peut manifestement suffire pour infléchir la pratique des enseignants. D'autres modalités de formation complémentaires sont à l'évidence nécessaires ...

BIBLIOGRAPHIE

- Chabanne, J.-C. & Bucheton, D. (2000). Les écrits « intermédiaires ». *La lettre de la dflm*, 26, 23-27.
- Coquide, M., Le Tiec & Garel, B. (2007). Exploiter des espaces pour découvrir la nature et les objets, éléments de professionnalité d'enseignants de cycles 1 et 2. *Aster*, 45, 17-28.
- Howe, C. (2009). Collaborative group work in middle childhood : joint construction, unresolved contradiction and growth of knowledge. *Human Development*, 39, 71-94.
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction de connaissances en sciences. Un exemple en sciences*. Presses universitaires de bordeaux.
- Larrain, A. (2016). *Argumentación en aula y aprendizaje escolar : develando el potencial de argumentar con otros para comprender conceptos*. In *aprender con otros*. Santiago de Chile : Ediciones universidad Alberto Hurtado.
- Martinand, J.-L. (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- Mollo, V. & Falzon, P. (2004). Auto- and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied Ergonomics, Elsevier*, 35 (6), 531-540.
- Picard, D., Zarhouch, B. (2014). Le dessin comme langage graphique. *Approches, revue des sciences humaines*, 4, 28-40.
- Plé, E. (2016). Suivre à la « trace » l'élaboration d'une communauté discursive

1 Mots de l'enseignante.

- scientifique scolaire pour apprendre en sciences : une étude de cas en école maternelle. In T. Philippot (Ed). *Les traces de l'activité. Objets pour la recherche et outils pour la formation*. Paris : L'Harmattan.
- Plé, E. (2019). La didactique des sciences pour outiller la pédagogie d'une enseignante d'école maternelle. *Education & Formation*, 312, 93-107.
- Plé, E. (à paraître). *Argumentation et éducation scientifique à l'école maternelle : quelles médiations langagières ?* In actes du xème colloque Ardist à Saint Malo (mars 2018).
- Rabardel, P. (1995). Qu'est-ce qu'un instrument ? *Les Dossiers de l'Ingénierie Éducative*, 19, 61-65.
- Sensevy, G. & Mercier, A. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy & A. Mercier (Ed.), *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, pp. 13-49. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Schneeberger, P. & Verin, A. (2009). *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences : quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : INRP.
- Verin, A. (1988). Apprendre à écrire, pour apprendre les sciences. *Aster*, 6, 15-46.
- Verin, A. (1995). Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences. *Re-pères, Recherches en Didactique du Français Langue Maternelle*, 12, 21-36.

PRATIQUES DE CHERCHEURS EN AGROÉCOLOGIE QUELLES TRANSPOSITIONS DIDACTIQUES POSSIBLES ?

Nicolas Herve¹, Nathalie Panissal¹, Nadia Cancian²

1 : UMR EFTS (Education Formation Travail Savoirs)

Université Toulouse le Mirail - Toulouse II,

École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole

2 : Education, Formation, Travail, Savoirs (EFTS) Université Toulouse 2 : MA122,

École Nationale de Formation Agronomique - Toulouse-Auzeville

Résumé : Dans un contexte médiatique de développement des discours anti-science et de la mise au jour de pratiques scientifiques malhonnêtes, l'enseignement de la nature de la science liée à des QSV et fondé sur des pratiques scientifiques authentiques et contemporaines, devient primordial. Cette communication vise à étudier les possibilités de transposition didactique de la nature de la science à partir d'entretiens de chercheurs en agroécologie. Les résultats montrent que la nature de la science pratiquée par ces chercheurs est interdisciplinaire (sciences agronomiques-sciences humaines et sociales) et participative (avec des agriculteurs), que les valeurs sociales des chercheurs sont fortement liées à leur éthique professionnelle et qu'ils assument un travail scientifique qui vise une transformation sociale. Ces éléments devraient être intégrés explicitement dans l'enseignement de l'agroécologie.

Mots-clés : QSV, nature de la science, pratiques de chercheurs, agroécologie, transposition didactique.

PRACTICES OF SCIENTISTS IN AGROECOLOGY WHAT POSSIBLE DIDACTIC TRANSPOSITIONS?

Abstract : In a media context of development of anti-science discourses and the uncovering of dishonest scientific practices, the teaching of the nature of science related to SSI and based on authentic and contemporary scientific practices becomes paramount. This paper aims to study the possibilities of didactic transposition of the nature of science from interviews of researchers in agroecology. The results show that the nature of the science practiced by these researchers is interdisciplinary (agronomic sciences-human and social sciences), participatory (with farmers) and that the social values of researchers are strongly linked to their professional ethics, they assume however a desire to transform society. These elements should be explicitly included in the teaching of agroecology.

Keywords : SAQ, Nature of Science, scientific practices, agroecology, didactic transposition.

UN CONTEXTE DE FRAGILISATION DES INSTITUTIONS SCIENTIFIQUES

Les institutions scientifiques sont actuellement fragilisées à plus d'un titre.

Il y a tout d'abord la forte médiatisation et le succès de pseudo-sciences (créationisme, « plattisme », anti vaccins, etc.) qui, en singeant le fonctionnement de communautés scientifiques, conduisent à la constitution d'un populisme anti-science.

Il y a également les différentes affaires de pratiques malhonnêtes de chercheurs ou institutions, financés par des « marchands de doute » (Oreskes & Conway, 2012), comme l'ont révélé, par exemple, les Monsanto Papers et les lanceurs d'alerte sur le Mediator, qui donnent à voir une corruption des procédures collectives de construction et validation des savoirs scientifiques.

On a donc un double front de défiance envers les sciences qui sape le principe essentiel sans lequel elles ne peuvent se développer : la confiance que nécessite la dépendance épistémique (Goldman, 1999) qui lie toute construction de savoirs.

Dans ce contexte, des courants de recherche en éducation promeuvent un enseignement renouvelé des sciences et des techniques qui permet aux élèves de construire des savoirs plus adéquats sur le fonctionnement de la science.

ACTUALISATION DE LA NATURE DE LA SCIENCE A ENSEIGNER

Des travaux critiquant le point de vue consensuel sur la NOS (Nature of Science), dans les pays anglo-saxons notamment, se joignent à ceux développés au sein des questions socialement vives (QSV) (Bencze *et al.*, sous presse), pour proposer une actualisation de la nature de la science à enseigner qui serait fondée sur :

- la transposition de pratiques scientifiques ou d'ingénierie contemporaines (Hodson & Wong, 2017) ;
- la problématisation de questions scientifiques et techniques socialement vives ;
- l'ouverture à un traitement didactique de problématiques de justice sociale, de morale, etc., par l'étude de pratiques scientifiques et techniques explorant les grands enjeux planétaires (Sjöström, Frerichs, Zuin & Eilks, 2017) ;
- la promotion d'un développement responsable des sciences et des techniques (Allchin, 2017).

Nous nous proposons, dans cette communication, de questionner la possibilité de transposer dans l'institution scolaire une nature de la science qui s'inscrirait dans les caractéristiques précédentes, à partir d'une étude menée auprès de chercheurs en agroécologie.

L'AGROECOLOGIE : UNE QSV CENTRALE DANS L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

L'agroécologie est une question socialement vive qui a l'intérêt d'être au cœur des enjeux de l'enseignement agricole, notamment par la mise en place du plan « enseigner à produire autrement », qui vise à accompagner une transition des modes de production, transformation et consommation des produits de l'agriculture.

La transition agroécologique est complexe, notamment du fait de sa polysémie et des controverses qui la traversent. Ainsi, si l'agroécologie peut se définir comme un champ de recherche

scientifique qui renouvelle les approches de l'agronomie, elle fait aussi référence à un ensemble de pratiques agricoles (qui promeuvent des services écosystémiques assurés par la biodiversité, le souci de la gestion des ressources et de la qualité des sols, la limitation des pressions sur l'environnement, etc.). Elle nomme également un courant de revendications sociales et politiques, en particulier dans les sociétés fortement rurales. Selon Frère (2017), plusieurs courants se réclament de l'agroécologie, certains mettant l'accent sur la dimension écologique et environnementale (en diminuant par exemple le recours aux intrants de synthèse), d'autres sur la dimension économique et sociale (en réorganisant par exemple filières et circuits de production-distribution) ou encore, sur la dimension humaniste (en repensant par exemple les liens homme-nature).

La transition agroécologique vise un changement radical, du point de vue des techniques et savoirs agronomiques, mais aussi du point de vue de ce qui fait sens pour les individus dans leur rapport à la nature, à l'alimentation, à l'agriculture, au vivre-ensemble. Elle nécessite donc des changements dans les raisonnements scientifiques et techniques, comme dans les systèmes de valeurs des acteurs, ou dans les modes d'organisation sociale ou politique (Cancian & Simonneaux, 2019).

Dans ce contexte, l'enseignement agricole est considéré comme un levier important pour mener la transformation du monde agricole en France et l'enseignement de l'agroécologie a pour ambition de participer à l'émergence de nouvelles formes d'association entre sciences, agriculture et politique.

QUE DISENT LES CHERCHEURS DE LEURS PRATIQUES SCIENTIFIQUES SUR L'AGROECOLOGIE ?

Pour répondre à cette question, nous avons réalisé une série d'entretiens semi-dirigés avec des chercheurs issus de plusieurs disciplines académiques, à différents moments de leur carrière, au sein d'une unité de recherche en agroécologie (UMR AGIR INRA).

Nous avons synthétisé, dans le tableau suivant, les disciplines de recherche, l'ancienneté dans la carrière, et l'objet principal de recherche de ces chercheurs :

Chercheur 1	Chercheur 2	Chercheur 3	Chercheur 4	Chercheur 5
Agronomie	Agronomie	Economie	Agronomie	Economie
Senior	Senior	Milieu de carrière	Milieu de carrière	Junior
Modélisation des prises de décision sur la gestion des ressources	Méta-analyse sur les liens entre pratiques agricoles et santé humaine	Modalités de transition de secteurs agricoles	Transition dans les pratiques d'élevage	Système de valeurs des agriculteurs

Tableau 1. : Caractéristiques des chercheurs interrogés

Les entretiens ont porté sur plusieurs dimensions de leur activité : objets et méthodes de recherche actuels, description et évolution de leurs activités professionnelles, point de vue sur le rapport sciences-société et l'évolution de l'agriculture, etc.

VERS UNE TRANSPOSITION DIDACTIQUE DE LA NATURE DE LA SCIENCE

AGROÉCOLOGIQUE : UN CADRE D'ANALYSE

Il s'agit alors pour nous d'identifier dans les discours des chercheurs sur leurs pratiques scientifiques, des éléments qui relèvent d'une nature de la science agroécologique et qui seraient susceptibles d'être intégrés aux savoirs à enseigner dans l'enseignement agricole. Nous nous situons donc dans le processus de décontextualisation de la transposition didactique externe (Astolfi & Develay, 1989), c'est-à-dire « le remplacement du référent scientifique original par un "espace théorique de substitution", qui a toutes les caractéristiques imposées par le processus d'enseignement » (Paun, 2006, p. 5).

Toutefois, comme le rappelle Joshua (1996), « la transposition ne peut prendre directement des pratiques comme référence, du moins non sans un tamis de type théorique » (p. 65). C'est pourquoi nous avons mobilisé le modèle « FRA » (Family Approach Ressemblance) développé par Erduran et Dagher (2014) pour extraire des discours des chercheurs la nature de la science agroécologique (figure 1).

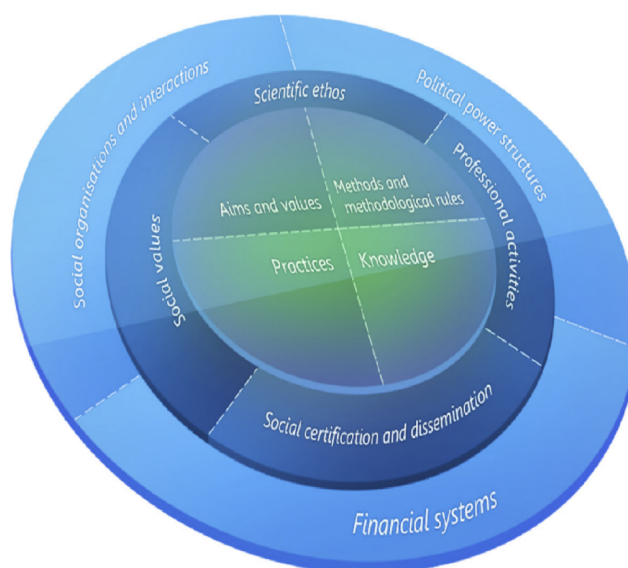


Figure 1. : modèle de la NOS selon Erduran & Dagher (2014)

Ce modèle est structuré en 3 grandes catégories :

- La science en tant que système cognitivo-épistémique : ce sont les savoirs produits, les pratiques épistémiques (comme les méthodes de recueil et d'analyse de données, leur certification sociale), les méthodes et les règles méthodologiques (ordres et articulation des pratiques), les buts et valeurs épistémiques (objectivité, honnêteté, examen critique, respect de la propriété intellectuelle, etc.).
- La science en tant que système socio-institutionnel : ce sont les activités professionnelles des scientifiques (séminaires, conférences, écriture d'articles ou de

projets, etc.), l'éthique scientifique (souci de l'universalisme, désintéressement, scepticisme organisé, etc.), la certification sociale et la diffusion des savoirs produits, les valeurs sociales (liberté de recherche, respect de l'humain et de l'environnement, etc.).

- L'environnement social qui influe sur les pratiques scientifiques : l'organisation sociale des institutions de recherche, les structures de pouvoir, les systèmes financiers.

Nous avons codé les entretiens en utilisant les différentes dimensions de ce cadre analytique, ce qui nous a permis de caractériser la nature de la science pratiquée par les chercheurs en agroécologie.

RESULTATS

Nous présentons les résultats en reprenant les trois catégories du modèle « FRA ».

NATURE COGNITIVO-ÉPISTÉMIQUE DE L'AGROÉCOLOGIE

« Déverrouiller » les systèmes de production agricole fondés sur le paradigme productiviste vers une transition agroécologique est un élément commun des différents discours des chercheurs. Il s'agit en effet, pour eux, d'identifier leviers et verrous qui empêchent les pratiques agricoles de changer et parmi ceux-ci, comprendre les logiques des acteurs occupe une place centrale. Pour mener à bien ce travail, les pratiques déclarées sont bien entendu diverses et renvoient à des spécialisations disciplinaires (par exemple, expérimentation, modélisation et simulation dans les sciences agronomiques et méthodes d'entretiens ou exploitation de bases de données statistiques en économie).

Toutefois, les chercheurs considèrent l'interdisciplinarité comme une pratique significative de leur activité. Ils déclarent en effet qu'elle leur est nécessaire pour problématiser leurs objets de recherche, qu'elle les conduit à hybrider les méthodes de recherche entre sciences agronomiques et sciences humaines et sociales et finalement, leur permet de produire des savoirs qu'ils qualifient d' « intégrés ». Ces savoirs produits ont en effet pour caractéristiques d'articuler plusieurs corpus disciplinaires, de se situer à la fois en tant que résultats de recherche et méthodes de recherche suivant leur affiliation disciplinaire, d'établir une continuité entre des échelles de description différentes.

Outre l'interdisciplinarité, la mise en place de recherches participatives est un élément récurrent et structurant les discours des chercheurs à propos de leurs recherches. Cette modalité d'enquête scientifique leur permet d'engager les acteurs dans une transformation de leurs pratiques et de leur territoire autant qu'elle leur permet d'ouvrir leurs pratiques scientifiques à d'autres manières de penser et de fonctionner.

NATURE SOCIO-INSTITUTIONNELLE DE L'AGROÉCOLOGIE

Travailler pour la transition des modes de production agricole et des systèmes alimentaires vers des pratiques agroécologiques est une valeur forte et partagée chez les chercheurs interrogés, « ça réintègre l'humain dans une pensée agronomique avec des considérations en termes éthiques » (C5).

Leurs objets de recherche sont choisis pour correspondre à une éthique de ce qu'ils considèrent comme être la « vie bonne », soucieuse de l'environnement, de la santé et de la justice sociale. Leurs recherches ont ainsi une visée transformative forte qui commence par l'évolution de leur propre point de vue sur les questions qu'ils étudient : « je suis quelqu'un qui, en ayant compris ces enjeux, j'ai inséré plus de légumineuses dans mon alimentation au quotidien, ma famille est sensibilisée (...) le chercheur peut aussi avoir cet acte de démonstration dans son entourage des valeurs qu'il défend » (C3), « je pense que j'y suis déjà, j'ai plus de lentilles dans mon assiette que de produits carnés donc (...) je mets en phase mes valeurs de citoyen avec mon projet professionnel » (C4).

Cet alignement de valeurs sociales et d'éthique personnelle et professionnelle est une composante essentielle des pratiques scientifiques de ces chercheurs, car cette cohérence est renforcée par les recherches menées : « je deviens plus que convaincu et deviens presque un militant, non pas... mais au sens... avec le débat scientifique » (C2).

Cette volonté d'être un acteur de la transition agroécologique se reflète dans la manière dont une partie de leurs activités professionnelles est engagée auprès des agriculteurs (pour rendre compte de leur recherche et faire de la recherche, comme l'exprime C4, « j'attache beaucoup d'importance à faire des restitutions aux collectifs d'éleveurs qui travaillent avec nous »), du grand public (pour sensibiliser les citoyens aux enjeux), des politiques (pour favoriser les prises de décision politique) et auprès d'autres chercheurs (pour travailler l'épistémologie de la discipline) afin de faire avancer la prise en compte des questions liant agriculture, environnement et santé humaine au sein de la société.

ENVIRONNEMENT SOCIAL DE L'AGROÉCOLOGIE

Les chercheurs interrogés trouvent dans l'équipe de recherche des ressources pour travailler leurs objets. L'organisation collective de l'unité permet de faire vivre l'interdisciplinarité, par des séminaires inter-équipes, l'écriture de projets collectifs, le co-encadrement des thèses.

Les chercheurs mentionnent également le verrouillage de la recherche dans l'attribution des financements, majoritairement attribués pour une agriculture productiviste. Ils font part de la nécessité pour eux de forger leurs argumentations sur une grande rigueur scientifique dans leurs interactions avec le politique et de participer à des travaux d'expertise : « il faut justifier encore plus scientifiquement qu'il faut changer tel ou tel levier, il faut encore travailler avant que les politiques entreprennent des actions » (C3), « il faut gagner sa légitimité en tant que scientifique pour avoir une certaine visibilité politique » (C5).

Ils partagent l'idée que la science est un service public dont les résultats doivent être accessibles gratuitement et facilement. C'est pourquoi ils s'engagent dans des recherches participatives et à la diffusion de leurs travaux au-delà de leurs pairs.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Nous retenons quatre éléments de la nature de la science agroécologique à partir de nos analyses :

- l'interdisciplinarité entre sciences agronomiques et sciences humaines et sociales permet la production de savoirs « intégrés » qui donne une perspective plus large et plus holistique sur les problèmes traités. Elle est ainsi une pratique

permettant une ouverture pour appréhender autrement les objets, de façon moins analytique, qui vise davantage à élaborer sur eux un point de vue synthétique et problématisé. Le contrôle de la validité des résultats est donc assuré par la confrontation d'épistémologies différentes et l'articulation des méthodes et résultats obtenus. Une transposition de ce cadre de recherche est particulièrement ouverte pour l'enseignement : transmettre des savoirs intégrés, questionner les objets intermédiaires manipulés (Vinck, 1999), les risques, les incertitudes et les valeurs dont ils sont porteurs, multiplier les critères et échelles d'analyse nécessitent des modalités pédagogiques à inventer ;

- la co-construction d'une intelligence collective, fondée sur la mixité des approches, la multiplicité des espaces de travail et la vigilance assurée par la confrontation et les modes de validation d'épistémologies différentes. Donner à voir l'activité scientifique du chercheur en l'inscrivant dans sa dynamique collective (au sein de laboratoires ou d'équipes), en interface avec d'autres acteurs sociaux, peut contribuer à valoriser son expertise. À ce titre, la littérature « grise » de vulgarisation produite par les chercheurs et adressée à un public averti non spécialiste peut constituer des ressources intéressantes pour l'enseignement ;
- le caractère participatif des pratiques de recherche contextualisées à des études de cas qui permet aux différents acteurs (scientifiques, agriculteurs, etc.) de s'impliquer dans la définition des problèmes, la mise en place des méthodes et l'interprétation des résultats. Un aspect pragmatique de la recherche est revendiqué par cette équipe de chercheurs. Travailler des études de cas, en étudiant le processus de problématisation à l'interface des acteurs y participant, permettrait aux élèves de comprendre comment le questionnement scientifique se construit avec les acteurs sociaux ;
- la cohérence entre les valeurs personnelles et scientifiques des chercheurs qui donne à voir la dimension profondément humaniste de leurs activités scientifiques et que l'engagement scientifique est compatible avec un engagement social et politique. Les entretiens des chercheurs nous montrent que cet engagement (pour un monde meilleur) le force à objectiver ses objets et méthodes d'une manière originale. Une piste d'enseignement consiste donc à mettre en avant et en discussion dans l'école, cette nature engagée et à expliciter ces conséquences en termes de construction des savoirs.

Finalement, deux conclusions peuvent être formulées à l'issue de ce travail : l'enseignement de l'agroécologie gagnerait à intégrer des situations d'enseignement apprentissage qui transposeraient les quatre éléments de la nature de la science précédemment décrits. Les témoignages de l'équipe de recherche en agroécologie présentés ici illustrent que leur travail a déjà pris le pli de la complexité (Morin, 1990). On voit ainsi la nécessité de penser la future transposition didactique dans un nouveau paradigmatique qui relie savoirs, personnes et biosphère. Une transposition didactique au service de la construction d'une pensée complexe.

Nous souhaitons continuer ce travail de transposition, en particulier du point de vue de la recontextualisation, c'est-à-dire en positionnant ces éléments de la nature de la science dans un contexte pédagogique. Pour cela, plusieurs principes fondent la démarche que nous sommes en train de mettre en place : c'est au travers d'une collaboration avec des enseignants que la recontextualisation prendra son sens ; celle-ci s'appuiera en partie sur des extraits de nos entretiens filmés et il s'agira de questionner également la dépersonnalisation du savoir, considérée comme une caractéristique majeure de la transposition didactique externe (Chevallard, 1985).

BIBLIOGRAPHIE

- Allchin, D. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science, *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18-26.
- Astolfi, J.-P. & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF.
- Bencze, L., Pouliot, C., Pedretti, E., Simonneaux, L., Simonneaux, J. & Zeidler, D. (Sous presse). Synergies and tensions among SAQ, SSI and STSE education. *Cultural Studies of Science Education*.
- Cancian, N. & Simonneaux, J. (2019). Les objets intermédiaires agroécologiques à enquêter. In J. Simonneaux (Éd). *La démarche d'enquête. Une contribution à la didactique des questions socialement vives* (pp. 186-206). Dijon : Educagri Editions.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Erduran, S. & Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*. Dordrecht, The Netherlands : Springer.
- Frère, N. (2017). *Les trajectoires de positionnements sur les différentes approches agroécologiques d'apprenants en formation agricole incluant un module d'agroécologie*. Thèse de doctorat inédite. Université de Toulouse Jean-Jaurès.
- Goldman, A. I. (1999). *Knowledge in a Social World*. Oxford: Oxford University Press.
- Hodson, D. & Wong, S. L. (2017) Going Beyond the Consensus View: Broadening and Enriching the Scope of NOS-Oriented Curricula, *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3-17.
- Joshua, S. (1996) Le concept de transposition didactique n'est-il propre qu'aux mathématiques ? In C. Raisky & M. Caillot (Éds). *Au-delà des didactiques, le didactique. Débats autour de concepts fédérateurs* (pp. 61-73). Bruxelles : De Boeck.
- Morin, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris : ESF.
- Oreskes, N. & Conway, E. M. (2012). *Les marchands de doute : ou comment une poignée de scientifiques ont masqué la vérité sur des enjeux de société tels que le tabagisme et le réchauffement climatique*. Paris : Le pommier.
- Paun, E. (2006). La transposition didactique : un processus de construction du savoir scolaire. *Carrefours de l'éducation*, 22, 3-13.
- Sjöström, J., Frerichs, N., Zuin, V. G. & Eilks, I. (2017). Use of the concept of Bildung in the international science education literature, its potential, and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 53(2), 165-192.
- Vinck, D. (1999). Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. *Revue Française de Sociologie*, 40(2), 385-414.

PRATIQUES DÉCLARÉES D'ENSEIGNANTS CONCERNANT LA MODÉLISATION DE L'ÉCOULEMENT INTERNE D'UN FLUIDE CAS D'ENSEIGNANTS DE PREMIER CYCLE UNIVERSITAIRE EN FRANCE ET AUX ÉTATS-UNIS

Clement Crastes¹, Laurence Maurines¹

1 : Didactique des Sciences d'Orsay-EA 1610 Etude sur les Sciences et les Techniques (DidascO-EST) Université de Paris-Sud Orsay

Résumé : Inscrit dans le champ de recherche de la NOS (Nature of Science) et ayant pour thème la modélisation, notre travail est centré sur les pratiques déclarées d'enseignants de physique et de biologie travaillant au sein de filières de formation post-baccalauréat de différents secteurs (physique-généraliste, physique-technique, biologie-médecine) de deux pays (France et États-Unis). Pour caractériser dans le cadre des PCK (Pedagogical Content Knowledge) leurs pratiques de modélisation associées à l'enseignement de l'écoulement interne d'un fluide, nous explorons la dimension liée aux stratégies d'enseignement adoptées. À travers l'analyse de contenu thématique des 23 entretiens les plus riches que nous avons menés, nous mettons en évidence une hétérogénéité de la population « généraliste-physique » en termes de pratiques de modélisation et ce, indépendamment du pays d'exercice de l'enseignant.

Mots-clés : modélisation, Nature of Science (NOS), Pedagogical Content Knowledge (PCK), enseignants de premier cycle universitaire, mécanique des fluides.

TEACHERS' REPORTED PRACTICES DEALING WITH THE MODELING OF AN INTERN FLUID FLOW THE CASE OF UNDERGRADUATE TEACHERS IN FRANCE AND IN THE USA

Abstract : Our work examines the teaching of internal fluid flow in undergraduate courses at the university level. Inscribed within the science education research field called Nature of Science (NOS), it deals with modeling and focus on the reported practices of teachers of physics and biology working in different training courses (engineering, technical and medical courses) from 2 countries (France and the USA). We use Pedagogical Content Knowledge (PCK) as our theoretical framework to analyse the models they use to teach fluid flow. We explore the "representations & strategies" mobilized by teachers. Through the analysis of the 23 richest interviews we point out a split among the 'Engineering Physics' family, about the way of modeling, and no dependence of the country where the teacher works.

Keywords : modeling, Nature of Science (NOS), Pedagogical Content Knowledge (PCK), undergraduate teachers, fluid mechanics.

INTRODUCTION

Les programmes de sciences de Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles (CPGE), pensés depuis la dernière réforme dans le cadre du continuum bac-3/bac+3, attendent des enseignants qu'ils introduisent des démarches de modélisation et contextualisent leur enseignement, notamment en ayant recours à l'histoire des sciences.

Ces éléments sont également mis en avant au sein du champ de recherche qui s'intéresse à la dimension épistémologique de l'enseignement des sciences, champ désigné par l'acronyme NoS (Nature of Science) dans les pays anglo-saxons. Les enjeux associés à la NoS sont nombreux, allant d'un meilleur apprentissage des savoirs et savoir-faire scientifiques à la capacité à se forger un avis argumenté et à agir de manière responsable dans des contextes variés, sans oublier ceux en lien avec l'image des sciences et l'orientation vers les métiers scientifiques. Au sein de ce champ de recherche, la modélisation est considérée comme un élément central de la démarche scientifique (Duschl & Grandy, 2013 ; Van Driel & Verloop, 1999). L'importance du contexte empirique dans cette démarche et de la mise en contexte pédagogique fait consensus au sein de la communauté des didacticiens (Allchin, 2011 ; Hasni, 2014). Nous abordons ces notions de modélisation et de contextualisation à travers l'étude de pratiques enseignantes de premier cycle universitaire sur une thématique donnée, liée à la mécanique des fluides. Les domaines de la physique enseignés au primaire et dans le secondaire ont été très étudiés en didactique, ce qui est moins le cas de domaines propres à l'enseignement supérieur, en particulier la mécanique des fluides. À travers ce travail, nous apportons ainsi une contribution à la compréhension des pratiques enseignantes universitaires. Dans l'exposé présenté, nous nous centrons sur la modélisation. Pour la contextualisation, le lecteur peut se référer à Crastes (2019).

CADRE THEORIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Les enseignants constituant un maillon important des réformes, nous avons décidé d'analyser leurs pratiques déclarées, en lien avec la modélisation de l'écoulement interne d'un fluide (réseau d'eau, circulation sanguine, montée de la sève, sont quelques-uns des phénomènes dont la compréhension repose sur celle du mouvement des fluides), en nous limitant, dans cette étude exploratoire, à des enseignants de premier cycle universitaire.

Etudier un écoulement interne permet d'aborder les propriétés d'un écoulement (permanent ou non, « parfait » ou visqueux) et les grandeurs le caractérisant (la vitesse, le débit, la pression, la notion de résistance hydraulique). De plus, une telle étude nécessite de recourir aux lois générales de la mécanique des fluides (la loi de conservation de la masse, l'équation de Navier-Stokes, les cas particuliers de la relation de Bernoulli pour un écoulement parfait et de la loi de Poiseuille pour un écoulement visqueux). Il est ainsi possible de questionner leur emploi par l'enseignant et d'étudier la richesse du modèle que l'enseignant a retenu pour sa séquence d'enseignement. Etudier l'enseignement de la mécanique des fluides apparaît donc comme un domaine riche à explorer en termes de modèles.

Nous nous interrogeons également sur l'influence de la filière d'enseignement, professionnelle ou généraliste, et de la discipline de rattachement des enseignants sur leurs pratiques (Jouin, 2002). En effet, concernant la modélisation, même s'il existe un socle minimum commun quelle que soit la filière d'enseignement (par exemple, qu'un modèle a un domaine de validité limité),

les attendus en termes de modélisation diffèrent d'une filière d'enseignement à une autre en fonction de la visée de formation.

Notre problématique est de caractériser ces pratiques déclarées d'enseignants sous l'angle des modèles et de la modélisation. Le cadre des PCK, « Pedagogical Content Knowledge » (Shulman, 1987 ; Gess-Newsome, 2015 ; Grangeat, 2015) nous guide pour détecter et analyser différentes facettes de ces pratiques qui sont à l'interface entre les « Topic Specific Professional Knowledge » (TSPK) et les « Personal PCK » du modèle de Gess-Newsome. Le cadre des PCK met en avant la distinction, sur un cas donné, entre les connaissances communes à priori à tous les enseignants, les TSPK, et les connaissances propres à chaque individu, les « Personal PCK ». Les TSPK, appelées parfois « Canonical PCK » (Garritz, 2015), sont des connaissances liées aux stratégies pédagogiques, aux représentations du contenu à enseigner, à la compréhension du contenu par les étudiants, aux pratiques scientifiques et aux habitudes de pensée sur un thème donné. Ces connaissances, sont (ou pourraient être) structurées par les experts de la discipline considérée et de son enseignement, ainsi que par la communauté enseignante. Elles pourraient correspondre à des contenus de programmes et de référentiels de formation d'enseignants. Ces TSPK sont filtrés et amplifiés en fonction des convictions de l'enseignant (« Teacher Beliefs and Orientations ») et du contexte d'enseignement et aboutissent à des « Personal PCK » (ou « Believed PCK ») qui sont des connaissances et des compétences que le professeur développe lors de sa pratique enseignante, dans le contexte de la classe.

Nous nous sommes intéressés à des catégories de PCK qui font consensus, souvent qualifiées de « Student learning & conceptions » et de « Representations & strategies ». Pour aborder l'étude d'un rétrécissement dans un écoulement, l'enseignant se réfère à priori à un modèle. À travers les PCK qualifiés de « Representations & strategies » peuvent être étudiées de quelle manière l'enseignant aborde le modèle retenu en cours et de quelle manière il l'utilise, notamment quels types de contextualisation il met en place. En référence au modèle de Gess-Newsome, on pourrait parler de connaissances mobilisées par l'enseignant dans la pratique. Via les PCK qualifiés de « Student learning & conceptions », on peut s'interroger sur la prise en compte de l'élève par l'enseignant lors de cette phase de modélisation. En particulier, on peut s'interroger sur sa connaissance des difficultés des élèves relatives aux modèles et à la modélisation et à leur prise en compte. En référence au modèle de Gess-Newsome, il s'agirait de connaissances de l'enseignant et non de connaissances mobilisées dans la pratique, comme pour les PCK qualifiés de « Representations & strategies ».

C'est l'exploration des « Representations & strategies » qui est privilégiée dans cette enquête, afin d'étudier les modèles énoncés par les enseignants interrogés (le nombre de modèles et la progression retenus, la fonction et le domaine de validité du modèle retenu, les ressources et le raisonnement lors de l'utilisation de ce modèle), ainsi que l'éventuelle existence de liens entre certaines variables (la formation en mécanique des fluides des enseignants interrogés et le pays d'exercice par exemple) et les composantes des PCK.

MÉTHODOLOGIE

Nous avons mené différentes études théoriques sur les PCK, la NoS et les modèles (Tiberghien, 1994 ; Sensevy & Santini, 2006 ; Soler, 2013), la physique de l'écoulement interne d'un fluide et son histoire. Ces études nous ont aidés à élaborer une grille d'entretien et une grille d'analyse associée.

En parallèle, et en interaction constante, nous avons réalisé une enquête en plusieurs étapes en France et aux États-Unis, auprès d'étudiants et d'enseignants. Nous avons conduit 39 entretiens semi-directifs d'enseignants de deux disciplines (physique, biologie) travaillant au sein de différentes filières de formation post-baccalauréat (physique-généraliste, technique, médecine) de deux pays (France et États-Unis). Nous avons sélectionné les 23 entretiens les plus riches. Le tableau 1. présente la composition de l'échantillon étudié : 4 familles (T, I, U et MB) et deux sous-familles (I CPGE et I USA).

Discipline enseignée	Enseignant de physique			Enseignant de biologie / géologie / médecine	
	physique		biophysique / géophysique		
Filière de formation					
Visée de formation	T Professionnel	I Généraliste		U Généraliste	MB Généraliste
		I CPGE	I USA		
<i>Nombre d'enseignants retenus pour l'analyse</i>	4	4	4	3	8
<i>Sous-totaux (total : 23)</i>	15				8

Tableau 1. : Répartition des enseignants retenus

T : formation de « Techniciens » ;

I (« Ingénieurs ») : formation généraliste où la mécanique des fluides est une majeure ;

U (« Utilisateurs ») : formation généraliste où la mécanique des fluides est une mineure ;

MB : formations « Médicales » ou « Biologiques » ;

CPGE (Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles) : spécificité française, il s'agit de filières d'enseignement supérieur sélectives, hébergées généralement dans les lycées.

La trame du questionnaire d'entretien comporte trois parties et 22 questions : une partie traite du vécu de l'enseignant interviewé ; la suivante de ses choix en termes de construction du cours et dans la dernière partie, il est demandé à l'enseignant de commenter des situations données qui lui sont présentées lors de l'entretien. Nous avons réalisé une analyse de contenu thématique de ces entretiens, à l'aide d'une grille multidimensionnelle que nous avons préalablement élaborée (une partie des éléments de cette grille est évoquée dans le tableau 2 en annexe). Nous codons les réponses de l'enseignant en fonction des catégories étudiées. Aux types de réponse retenus, nous associons une forme de trait (pas de trait, trait, en pointillé, trait fin ou trait foncé) et obtenons ainsi une 'fleur' pour un enseignant donné afin de visualiser son profil (cf document 1 en annexe). Sur l'exemple de l'enseignant I5 fourni dans le document 1., nous constatons un profil homogène de points valorisés dans les différentes dimensions abordées. Nous évaluons ensuite le nombre d'enseignants par type de réponse et représentons le profil moyenné des familles et sous-familles étudiées (T, I, I CPGE et I USA, U et MB, comme indiqué

dans le tableau 1). Nous obtenons ainsi les pétales de fleurs du document 2 en annexe, liées à la modélisation et à la prise en compte des difficultés des élèves. Enfin, nous croisons entre eux les résultats obtenus par ces groupes d'enseignants et nous croisons ces résultats aux variables retenues, à savoir la nationalité des interviewés, leur statut (uniquement enseignant ou enseignant-chercheur) et la formation qu'ils ont reçue en mécanique des fluides (autodidactes dans ce domaine ou cursus suivi avec mineure ou majeure en mécanique des fluides).

RÉSULTATS

Concernant le croisement des résultats obtenus par les familles d'enseignants étudiées, nous constatons dans le document 2 en annexe que c'est la famille I qui présente des éléments valorisés en lien avec les modèles et les difficultés des élèves. Les familles U, T et MB présentent davantage d'éléments minorés.

De plus, alors qu'on aurait pu attendre un recours au modèle de plus en plus complexe de la famille T à la famille U puis à la famille I, de par les attendus de formation des structures dans lesquelles exercent ces différentes familles, on a constaté, dans l'échantillon étudié, une scission au sein de certaines familles, en particulier la famille I. Cette scission se constate lorsque l'on analyse plus en détail les réponses obtenues en lien notamment avec le domaine de validité du modèle retenu, comme indiqué dans le tableau 2 en annexe. Le domaine de validité est abordé en entretien sur le cas des approximations légitimant le recours à la relation de Bernoulli pour étudier un écoulement présentant un rétrécissement.

Concernant le croisement des résultats aux variables retenues (la nationalité des interviewés, leur statut, selon qu'ils sont uniquement enseignants ou enseignants-chercheurs et la formation qu'ils ont reçue en mécanique des fluides), la démarche de modélisation ne présente pas de différences aussi marquées que ce que l'on pourrait supposer entre les enseignants français et ceux américains.

Des spécificités individuelles sont également observées dans les familles. Ainsi, un enseignant intervenant dans des formations de techniciens et n'étant pas chercheur, présente une démarche de modélisation plus construite et variée que des enseignants-chercheurs intervenant dans des filières généralistes de formations d'ingénieur. Enfin, on a également constaté que des enseignants formés avec une majeure en mécanique des fluides pouvaient présenter des résultats moins valorisés que des enseignants autodidactes dans ce domaine.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Nous avons observé que la relation de Bernoulli pouvait être employée sous une forme uniquement « utilitaire », sans explicitation ni exploration de son domaine de validité. Cela peut mener à des aberrations. Par exemple, si on ne fait qu'énoncer la relation de Bernoulli et la loi de Poiseuille et si on ne les présente aux étudiants que comme des outils, ces lois risquent d'être associées là où il ne le faut pas, comme nous l'avons constaté dans les travaux de Levy (2013).

Nous avons également noté chez une majorité des membres de la famille MB, une absence d'interrogation sur le domaine de validité du modèle physique retenu lors de l'évocation de la loi de Poiseuille. Cela peut aboutir au cas limite que représente un enseignant interrogé, pour qui les lois physiques seraient universelles et sans restriction de validité : « Poiseuille nous dit

que / la formule c'est celle-là et c'est pas négociable ». Au contraire, ceux de la famille I qui analysent le domaine de validité du modèle se réfèrent à une vision du modèle plus construite. Leur point de vue pourrait être rapproché de celui de Soler qui conçoit un modèle comme « un instrument destiné à s'appliquer localement, à résoudre efficacement une classe particulière de problèmes » (Soler, 2013, p. 206).

Concernant le changement de modèle opéré par les enseignants en fonction du domaine et des capacités supposées de leurs élèves, évoqué par Hodson (2008), nous avons constaté des écarts entre les réponses des enseignants des familles I et MB, vérifiant en cela les propos d'Hodson, mais également des réponses très variées en termes de modélisation notamment, au sein d'une même famille (la famille I par exemple).

Les tendances observées auraient à être validées par une étude quantitative à plus grande échelle. En effet, nous n'avons eu accès qu'à des pratiques déclarées d'enseignants volontaires pour participer à cette enquête. Pour autant, cette étude, ancrée en didactique, permet d'apporter des connaissances sur les pratiques enseignantes en mécanique des fluides en premier cycle universitaire.

Un autre point fort de cette étude pourrait être qualifié de théorique, au sens où sont mis en avant des aspects de ce qui peut être regardé dans les pratiques d'enseignement sur les modèles et la modélisation. Une mise en perspective des cadres théoriques anglo-saxons et francophones serait une piste à envisager. Enfin, les outils que constituent le questionnaire construit et la grille d'analyse associée pourraient être réutilisés pour d'autres études sur les pratiques des enseignants, dans d'autres domaines que la mécanique des fluides.

BIBLIOGRAPHIE

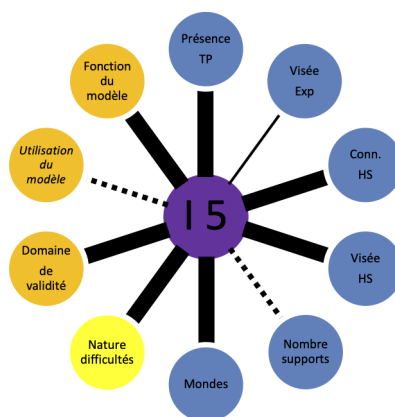
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Studies and Science Education*, 95, 518–542.
- Crastes, C. (2019). *Les enseignants du supérieur et l'écoulement interne d'un fluide : modélisation et contextualisation dans différentes disciplines et filières de formation en France et aux États-Unis*. Thèse de doctorat, Université Paris-Saclay, France.
- Duschl, R. A. & Grandy, R. (2013). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science & Education*, 22(9), 2109–2139.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 38-52). Routledge.
- Grangeat, M. (2015). *Understanding Science Teachers' Professional Knowledge Growth*. Rotterdam : Sense Publishers.
- Hasni, A. (2014). Réflexions sur la notion de contextualisation des apprentissages en sciences et technologies : significations, apports et dérives potentielles. *Bulletin du CREAS*, 2, 10-13.
- Hodson, D. (2008). Exploring nature of science issues : students' views and curriculum images. In *Towards Scientific Literacy* (pp. 23–40). Sense Publishers.
- Jouin, B. (2002). Les sciences physiques dans leur fonction de service par rapport à la technologie au lycée professionnel. *Aster*, 34, 1–8.
- Levy, S. T. (2013). Young children's learning of water physics by constructing wor-

- king systems. *International Journal of Technology and Design Education*, *23*, 537–566.
- Sensevy, G. & Santini, J. (2006). Modélisation : une approche épistémologique. *Aster*, *43*, 163-188.
- Soler, L. (2013). Qu'est-ce qu'un modèle scientifique ? Des caractéristiques du modèle qui importent du point de vue de l'enseignement intégré de science et de technologie. *Spirale*, *52*, 177–214.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching : Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1–21.
- Tiberghien, A. (1994). Modelling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, *4*, 71–87.
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modeling in science. *International Journal of Science Education*, *21*(11), 1141–1153.

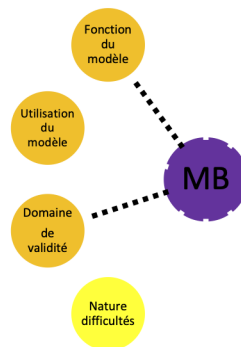
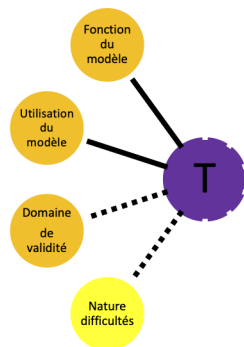
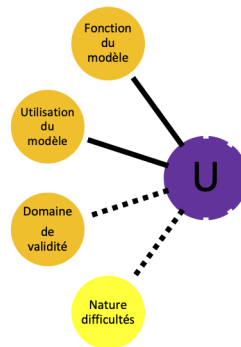
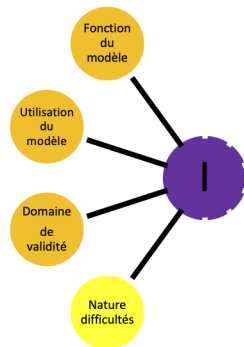
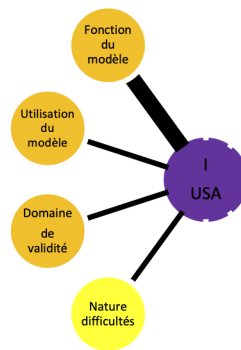
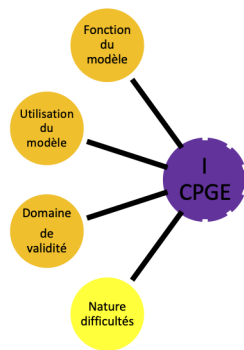
ANNEXES

Dimension	Sous-dimension	Catégorie	Sous-catégorie	Types de réponse	Contextes empiriques proposés en entretien
Personal PCK Representations & Strategies	Modèles introduits	Nombre de modèles et progression	Un type	Que parfait	Canalisation avec rétrécissement
				Que visqueux	
			Deux types	Parfait puis visqueux	
				Visqueux puis parfait	
	Caractéristiques des modèles	Fonction du modèle	Non mentionné		Canalisation avec rétrécissement
				Descriptif et explicatif	
				Prédictif	
		Domaine de validité	Non mentionné	Inconnu	Canalisation avec rétrécissement
				Volontairement ignoré	
			Mentionné	Evoqué Discuté	
Personal PCK Student Learning & Conceptions	Difficultés des élèves	Nature	Aucune		Canalisation avec rétrécissement
				Mathématique	
			Conversion d'unités		
			Mise en équation		
			Physique	Conceptuelle Naïve	
				Liée au modèle	

Tableau 2. : Grille d'analyse des modèles : ce que les enseignants disent qu'ils font



Document 1 : Profil d'un enseignant sous forme de fleur – Cas de l'enseignant 15



Document 2 : Profil des familles et sous-familles d'enseignants étudiées sous forme de fleur – Cas des pétales liés à la modélisation et à la prise en compte des difficultés des élèves.

PRAXÉOLOGIES DE LA RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE : ANALYSE COMPARÉE EN LYCÉE GÉNÉRAL ET PROFESSIONNEL

Arnaud Lucas¹, Luz Helena Martinez Barrera², Nicolas Decamp³

1 : Lycée Jehan de Beauce, Chartres Académie d'Orléans Tours

2 : Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR)

Université Paris XII - Paris-Est Créteil Val-de-Marne (UPEC)

3 : Laboratoire de Didactique André Revuz (LDAR)

Université Paris Diderot - Paris 7

Résumé : Cette proposition porte sur une analyse comparée des praxéologies de la réfraction de la lumière dans les cadres des enseignements général et professionnel. Notre étude s'appuie sur la Théorie Anthropologique du Didactique et vise à mettre en évidence l'influence des diverses institutions - auxquelles les enseignants sont assujettis - sur leurs pratiques déclarées. Nous nous intéressons plus particulièrement aux outils mathématiques mis en jeu et à la contextualisation des objets de savoirs. Les résultats de ce travail mettent à jour des différences significatives entre les praxéologies institutionnelles propres à chaque filière, dans le cadre de l'étude de la réfraction, mais également entre les praxéologies personnelles des enseignants, ces dernières résultant vraisemblablement d'assujettissements dominants différents selon la filière d'exercice.

Mots-clés : enseignement professionnel, réfraction de la lumière, théorie anthropologique du didactique, pratiques enseignantes déclarées

PRAXEOLOGIES OF THE REFRACTION OF LIGHT : COMPARATIVE ANALYSIS IN GENERAL AND VOCATIONAL HIGH SCHOOL

Abstract : This proposal concerns a comparative analysis of the praxeologies of the refraction of light in the context of academic programs for general and vocational education. Our study is based on the Anthropological Theory of Didactics and aims to highlight the influence of the various institutions - to which teachers are subject - on their self-reported practices. We are particularly interested in the mathematical tools involved and the contextualization of knowledge objects. The results of this work reveal significant differences between the institutional praxeologies specific to general and vocational education, in the context of the study of refraction, but also between the personal praxeologies of teachers, the latter probably resulting from different dominant subjections according to the sector of practice.

Keywords : vocational education, refraction of light, Anthropological Theory of Didactics, self-reported teaching practises

INTRODUCTION

En dépit de la réforme mise en place en 2009, visant à uniformiser, au moins dans sa forme, le baccalauréat professionnel et ses équivalents technologiques et généraux, la filière professionnelle conserve certaines caractéristiques particulières. En premier lieu, la juxtaposition de disciplines générales (parmi lesquelles figure la physique) et professionnelles, encourage l'élaboration de liens étroits entre ces deux types d'enseignements (Jouin, 2002; Scache, 1986). La bivalence des professeurs de filière professionnelle, notamment en mathématiques/sciences physiques, constitue une seconde spécificité. Enfin, le profil des élèves de sections professionnelles diffère également de celui de leurs homologues de filières générales. Marqués par des résultats scolaires fragiles en collège (Palheta, 2011) et une orientation parfois subie, ou à minima peu réfléchie (di Paola *et al.*, 2016), les élèves de filière professionnelle entretiennent, le plus souvent, un rapport au savoir complexe et peinent à donner du sens aux enseignements. Si la plupart considèrent le travail en atelier comme le principal moment d'acquisition de connaissances, d'autres au contraire réinvestissent les savoirs scolaires au détriment des savoirs professionnels jugés « peu légitimes à enseigner » (Jellab, 2001, p. 98).

Au delà des spécificités évoquées, les programmes de physique des filières générale et professionnelle comportent plusieurs sujets d'étude communs, à l'image de la réfraction de la lumière, enseignée en classes de seconde générale et de première professionnelle. Nous nous sommes donc penchés sur les différences dans l'enseignement de cette notion dans les deux filières.

La réfraction de la lumière a retenu notre attention pour deux raisons. En premier lieu, les lois de la réfraction impliquent l'utilisation de concepts mathématiques spécifiques à l'image de la mesure d'angles et de la fonction sinus. Aussi, nous semblait-il légitime d'émettre l'hypothèse que la bivalence des enseignants de filière professionnelle allait impliquer des pratiques différentes quant à l'enseignement de ces notions mathématiques appliquées à la physique. La deuxième raison résidait dans les difficultés liées à la compréhension de la réfraction de la lumière par les élèves, notamment dans le cas de situations contextualisées (John *et al.*, 2018). Vivement encouragée dans les programmes officiels, la contextualisation devait, selon toute vraisemblance, prendre des formes différentes : ancrées dans la vie courante en filière générale ; issue de pratiques professionnelles en filière éponyme. Ceci nous a conduit à étudier les types de contextes choisis par les professeurs et leur influence sur l'enseignement de la réfraction.

CADRE THÉORIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD), développée par Yves Chevallard, propose un ensemble de concepts, visant à décrire toute activité humaine et, en particulier, les activités didactiques. Issue de la didactique des mathématiques, la TAD a depuis été reprise dans de nombreuses disciplines, y compris en didactique de la physique (Pélissier & Venturini, 2016).

Ce cadre théorique s'appuie notamment sur les concepts d'individu et d'institution. Tout individu entretient un rapport personnel aux objets qui l'entourent. Pour autant, un individu n'est pas isolé mais appartient au contraire à de multiples institutions – en tant que sujet – qui définissent elles-mêmes des rapports institutionnels aux objets. Ainsi, les rapports personnels qu'un individu entretient avec les objets de savoir résultent de l'ensemble de ses assujettissements, pouvant être définis comme l'ensemble des contraintes, règles, consignes, que les institutions lui imposent, consciemment ou non (Maury & Caillot, 2003). Dans le cas d'un enseignant, l'établissement d'exercice, l'équipe pédagogique et la discipline enseignée sont autant d'institutions

dont il est l'un des sujets (Chevallard, 2003). Dans le cas particulier des enseignants de lycée professionnel (LP), la bivalence peut être ainsi considérée comme un double assujettissement à deux disciplines distinctes : les mathématiques et la physique.

En TAD, les rapports aux objets évoqués ci-dessus, peuvent être décrits par des praxéologies (Chevallard, 1999). Ces dernières sont constituées de deux blocs. Le premier – regroupant les tâches ou types de tâches, T , à réaliser et les techniques, τ , pour y parvenir – décrit un savoir-faire, ou praxis. Le second – incluant un discours, nommé technologie et noté θ , justifiant l'emploi de la précédente technique et une théorie, Θ , à même de justifier à son tour la technologie – résume un savoir prenant la forme d'un discours théorique, le logos, sur le savoir-faire. La TAD offre ainsi des concepts à même de décrire la bivalence des professeurs de filière professionnelle, mais également de traduire les attentes des instructions officielles en termes de contraintes institutionnelles.

Au regard des concepts développés dans la TAD et en particulier, de l'influence des assujettissements sur les praxéologies personnelles, nous avons pu affiner notre problématique et énoncer les deux questions de recherche suivantes :

1. Quelles sont les praxéologies institutionnelles de l'enseignement de la réfraction en filière générale et en filière professionnelle et diffèrent-elles dans ces deux institutions (en particulier en ce qui concerne la place des mathématiques et la contextualisation) ?
2. Quelles différences l'assujettissement à des institutions spécifiques entraîne-t-il dans les praxéologies personnelles des enseignants de filières professionnelle et générale ?

MÉTHODOLOGIE ET RECUEIL DE DONNÉES

Dans l'optique de reconstruire les praxéologies institutionnelles, en particulier le niveau théorique (logos), nous avons tout d'abord étudié le curriculum prescrit, incluant les programmes officiels et les quelques documents d'accompagnement disponibles sur Eduscol. Les cinquante-deux documents portant sur l'enseignement de la réfraction, issus des sites académiques disciplinaires et d'EduBase, conçus depuis la mise en place de la réforme des programmes en 2009-2010, ont ensuite été analysés selon les critères suivants. Les types de tâches attendues et techniques employées ont été déterminés pour chaque ressource afin d'établir des éléments de praxis institutionnelles. Les éventuels types de contextes – issus du champ professionnel, de la vie courante, d'éléments historiques – et la place accordée à ces derniers au sein de l'étude – simple situation déclenchante, contextualisation accompagnant toute l'étude – ont également été relevés.

L'analyse des documents (textes de travaux pratiques, exercices, sujets d'évaluations) utilisés en classe par huit enseignants (quatre de filière professionnelle, quatre de filière générale) – selon les mêmes critères que ceux employés pour les ressources institutionnelles – a permis, dans un second temps, de reconstruire des éléments de praxis personnelles. Une série d'entretiens semi-directifs d'une quarantaine de minutes, articulés autour de deux questions et d'une analyse de deux sujets constitués d'extraits d'activités institutionnelles, a permis d'établir des éléments du logos et ainsi d'inférer, au moins partiellement, les organisations praxéologiques personnelles de ces professeurs.

En raison de la structure hiérarchisée des différents éléments d'une praxéologie (théorie, technologie, technique, type de tâches), le choix a été fait de représenter les organisations praxéologiques sous la forme d'organigrammes, décrits dans la figure 1, inspirés des cartes conceptuelles régulièrement utilisées dans les études en didactique (Bosdeveix, 2017; Novak & Cañas, 2008).

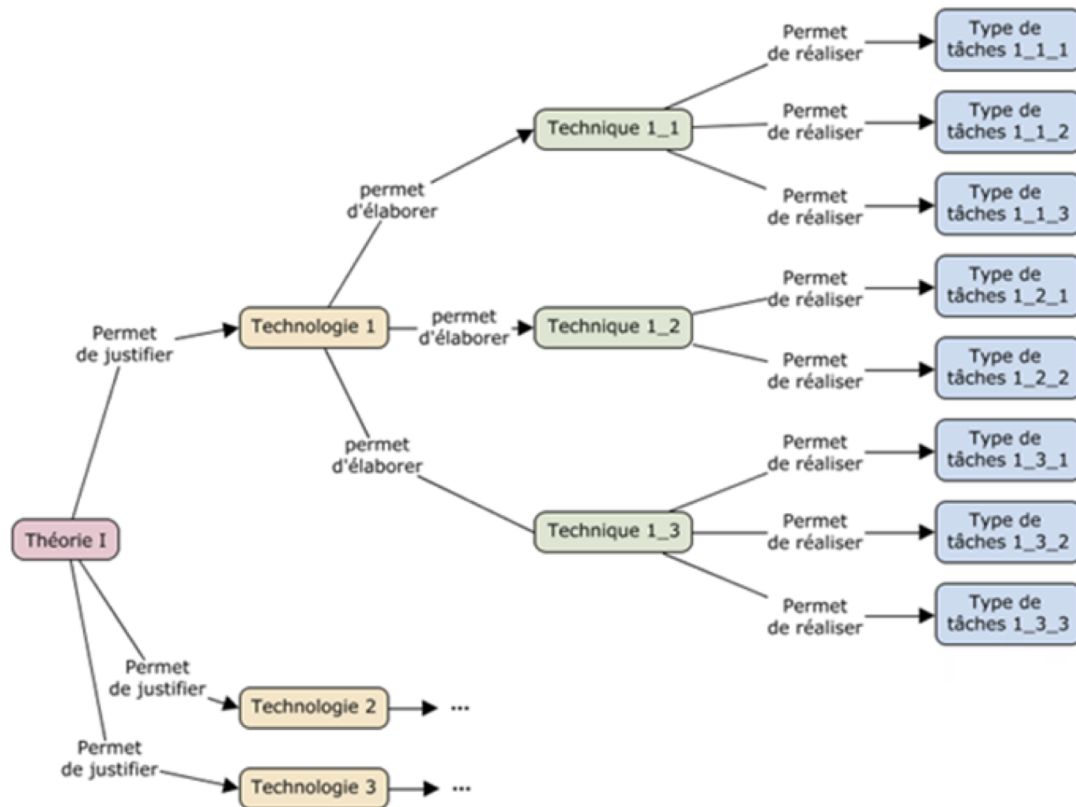


Figure 1 : type d'organigramme choisi pour représenter les organisations praxéologiques dans le cadre de ce travail

RÉSULTATS

PRAXÉOLOGIES INSTITUTIONNELLES DE LA RÉFRACTION

L'analyse du curriculum prescrit de baccalauréat professionnel permet de réaliser l'ébauche d'une d'organisation praxéologique institutionnelle de la réfraction dans laquelle on relève, en particulier, l'absence de techniques, comme l'atteste la figure 2, laissant, à priori, à la charge des enseignants la responsabilité d'élaborer cet aspect de leur praxéologies personnelles. Ce constat a des conséquences directes sur le sujet de cette recherche puisque, en tant qu'outils, il semble légitime de penser que les notions mathématiques utiles à l'étude de la réfraction se situent au niveau des techniques. L'analyse des ressources institutionnelles pour enseigner, disponibles sur les différents sites officiels, étoffe très nettement cette première amorce d'organisation praxéologique, en ajoutant un grand nombre de types de tâches différents et surtout de multiples techniques.

La même démarche, dans le cas de l'enseignement de la réfraction en filière générale, conduit sensiblement au même constat. Le curriculum prescrit ne permet pas d'ébaucher une organisation praxéologique complète de la réfraction, à l'image du programme officiel qui ne propose, une fois encore, aucune technique institutionnelle pour la résolution des différents types de tâches annoncés. L'unique document d'accompagnement comble quelque peu ce vide quand bien même l'organisation obtenue demeure embryonnaire. À l'instar de ce qui a été constaté en filière professionnelle, les ressources institutionnelles pour enseigner, disponibles sur les différents sites académiques, viennent nettement développer l'organisation praxéologique de la réfraction en filière générale.

La figure 2 permet de comparer les organisations praxéologiques institutionnelles, en filières générale et professionnelle, tout en mettant en exergue l'absence de techniques dans celles-ci.

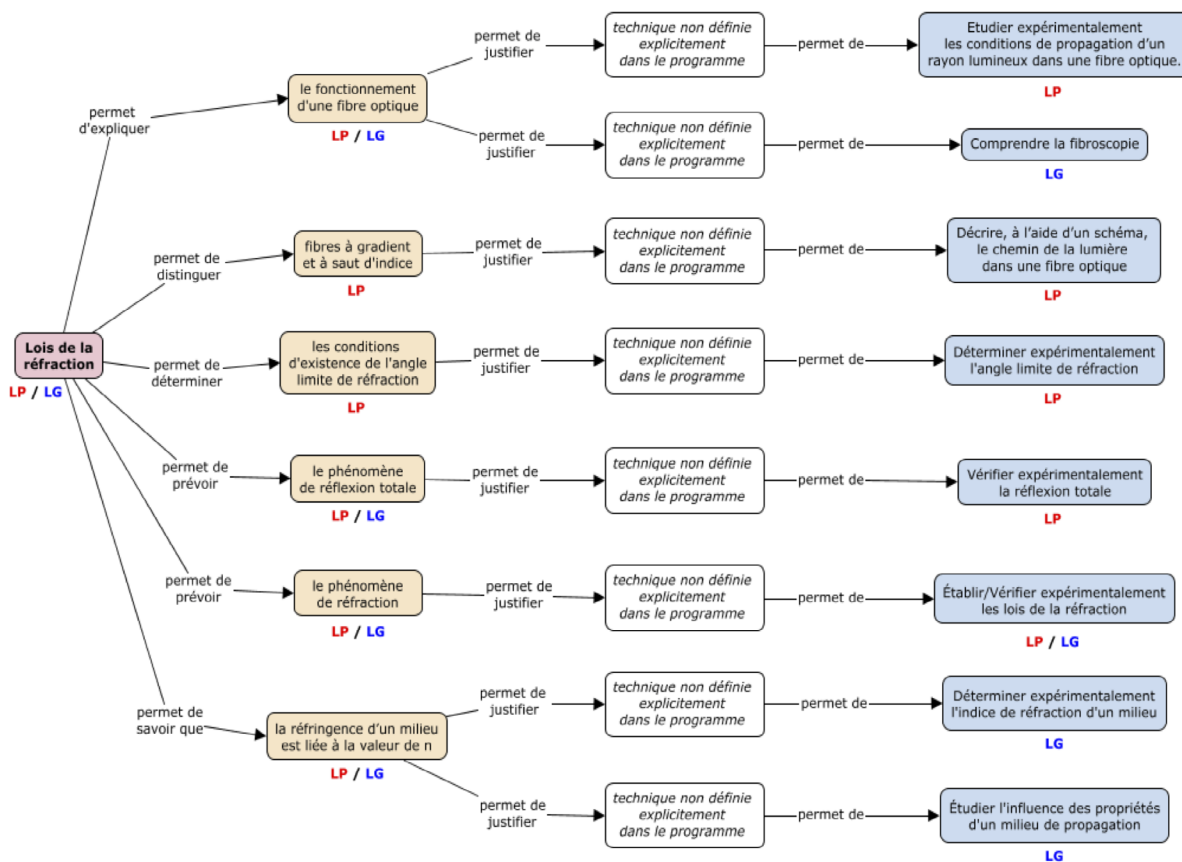


Figure 2 Ébauche d'organisation praxéologique institutionnelle obtenue à partir des seuls programmes officiels. Les mentions LP et LG indiquent que les éléments de praxéologies présentés sont issus des instructions officielles, respectivement de filières professionnelle et générale

QUELQUES ÉLÉMENTS DE COMPARAISON DES PRAXÉOLOGIES INSTITUTIONNELLES

L'organigramme de la figure 2 met en évidence des similitudes quant aux logos des organisations praxéologiques institutionnelles. De réelles divergences apparaissent, en revanche, lors de l'analyse des techniques présentes dans les ressources institutionnelles pour enseigner et dans les contextes employés.

En particulier, deux types de tâches caractéristiques de l'étude de la réfraction, « Vérifier/établir expérimentalement les lois de la réfraction » et « Mesurer la valeur de l'indice de réfrac-

tion d'un milieu » présentent des différences significatives quant aux techniques de résolution proposées au sein des organisations praxéologiques institutionnelles (voir annexe 1). En filière professionnelle, ces types de tâches seront préférentiellement accomplis en calculant le rapport des sinus des angles d'incidence et de réfraction. En filière générale, les mêmes types de tâches seront le plus souvent résolus par une méthode graphique, plaçant les sinus des angles sur deux axes.

Concernant la contextualisation, les résultats obtenus suite à l'analyse des ressources institutionnelles pour enseigner figurent dans le tableau 1. On peut constater que les praxéologies institutionnelles en LP s'appuient en définitive assez peu sur des contextes issus de pratiques professionnelles et qu'un pourcentage élevé de types de tâches ne présente aucune contextualisation. En filière générale, différents contextes sont proposés mais un quart des activités analysées demeure décontextualisé.

Type de contexte	En filière professionnelle (44 activités analysées)	En filière générale (33 activités analysées)
Pratique professionnelle	7 (16 %)	0 (0 %)
Vie courante	16 (36 %)	12 (36 %)
Contexte pédagogique	3 (7 %)	6 (18 %)
Contexte historique	0 (0 %)	7 (21 %)
Pas de contexte	18 (41 %)	8 (24 %)

Tableau 1 : Types de contextes des ressources institutionnelles

QUELQUES ÉLÉMENTS DE COMPARAISON DES ORGANISATIONS PRAXÉOLOGIQUES PERSONNELLES

L'analyse des ressources utilisées par les enseignants de lycées professionnels ayant participé à cette étude confirme l'emploi préférentiel du calcul du rapport des sinus pour résoudre les types de tâches évoqués précédemment. Les discours obtenus lors des entretiens permettent d'ébaucher un début de logos. Les mathématiques, en tant qu'institution, semblent peu influencer directement le choix de la technique, ce dernier étant essentiellement guidé par la classe, les enseignants de filière professionnelle s'attachant surtout à prendre en compte la fragilité scolaire de leurs élèves.

En termes de contextualisation, les ressources personnelles des enseignants s'appuient essentiellement sur la vie courante et peu sur les pratiques professionnelles. Par ailleurs, une proportion importante de tâches apparaît comme totalement décontextualisée. Deux raisons propres à l'enseignement de la réfraction pourraient expliquer ces résultats. En premier lieu, la multiplicité des spécialités ne permet pas toujours de trouver une pratique professionnelle authentique à même d'illustrer le phénomène de réfraction. Deuxièmement, l'étude de la réfraction s'accompagne d'un moment de « décontextualisation forcée » liée à l'utilisation d'un matériel spécifique perçu comme incontournable par les enseignants¹, ce dernier point pouvant s'expliquer par les difficultés de certains professeurs à dépasser leurs habitudes et à adapter leurs pratiques expérimentales aux instructions officielles (Hirn, 1995).

En filière générale, l'analyse des ressources personnelles confirme également l'existence d'une

1 Ce matériel est constitué d'un demi-cylindre transparent, fixé sur un disque gradué en degrés et pouvant tourner autour d'un axe, permettant ainsi de modifier l'angle d'incidence de la lumière puis de mesurer celui-ci ainsi que l'angle de réfraction.

technique dominante pour la résolution des types de tâches précitées : la réalisation puis l'exploitation d'une représentation graphique. En revanche, le discours justificatif (logos) des enseignants semble peu développé, ce qui peut s'interpréter ainsi : faute de discours technologique mathématique, les professeurs se « réfugient » vers la technique institutionnelle dominante au sein de l'enseignement de la physique, utilisée tout au long du cursus en lycée : la résolution graphique.

Bien que fortement encouragée par la structuration thématique des programmes, la contextualisation des savoirs peine à impacter réellement les praxis personnelles des enseignants. L'exemple des contextes historiques est, de ce point de vue, symptomatique. Régulièrement présent au sein des ressources institutionnelles, sous la forme d'un type de tâches spécifique, les contextes historiques sont totalement absents des ressources personnelles analysées pour cette étude. Les enseignants justifient ce choix par les contraintes horaires imposées par le programme – désignant une fois encore la physique, en tant que discipline, comme institution dominante.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats obtenus semblent mettre en évidence des praxéologies institutionnelles spécifiques aux filières générale et professionnelle, qui se traduisent, en particulier, par l'emploi de techniques mettant en œuvre des outils mathématiques distincts lors de la réalisation de tâches centrales dans le cadre de l'étude de la réfraction de la lumière et par des contextualisations différentes des objets de savoirs, à l'image du contexte historique présent uniquement en filière générale.

Le discours des enseignants de lycées professionnels laisse toutefois transparaître l'influence d'autres assujettissements, différents selon les spécialités, qui, comme attendu en TAD, impliquent quelques écarts entre praxéologies personnelles et institutionnelles.

L'impact des praxéologies institutionnelles sur les organisations praxéologiques personnelles des enseignants se mesure, en particulier, au niveau des techniques employées - calcul du rapport des sinus en voie professionnelle et représentation graphique en voie générale - reflets des préconisations institutionnelles. Ce constat questionne l'intérêt qu'il y aurait à élaborer une praxéologie s'appuyant sur ces deux outils mathématiques, conformément aux travaux de Duval (1993) qui préconisent l'usage de différents systèmes sémiotiques d'un même concept pour une meilleure assimilation de ce dernier. C'est d'ailleurs la solution retenue par l'un des enseignants de filière professionnelle interrogé lors de notre étude.

Concernant la contextualisation, les enseignants de filière générale se sont détournés des activités inscrites dans un contexte historique, pourtant présentées comme des éléments de praxéologies institutionnelles par le biais du document d'accompagnement et des diverses ressources institutionnelles pour enseigner. À l'heure où les nouveaux programmes de seconde générale recommandent fortement « une mise en perspective des savoirs avec l'histoire des sciences » (MEN, 2019, p. 3), il serait sans doute judicieux de se pencher sur la conception de ressources à même de répondre à cet objectif. D'une manière plus générale, la proportion importante de ressources personnelles décontextualisées invite à réfléchir aux moyens d'ancrer davantage l'enseignement de la réfraction dans des situations concrètes et plus particulièrement sur le

caractère incontournable de certains dispositifs expérimentaux.

Quand bien même le travail réalisé tend à indiquer que certaines institutions imposent leurs contraintes – impactant de fait les praxéologies personnelles de professeurs – les données récupérées ne permettent pas d’expliquer totalement l’origine des choix réalisés, parfois presque inconsciemment, par les enseignants, en termes d’institution dominante. Cette limite trouve sans doute son origine dans le choix du corpus qui induit un biais en se limitant à une institution unique, « la physique », qui ne permet pas d’accéder aux autres institutions et à leurs praxéologies.

Notre étude pose, en outre, la question suivante : quel corpus délimite l’institution ? Les programmes officiels seuls ne permettent pas de reconstruire des organisations praxéologiques complètes, ce qui impose d’élargir l’analyse aux ressources institutionnelles des sites nationaux et académiques. Pour autant, toutes ces ressources, produites par des enseignants, peuvent-elles être considérées comme « réellement » institutionnelles ?

BIBLIOGRAPHIE

- Bosdeveix, R. (2017). Les cartes conceptuelles dans la recherche en didactique : Usages, élaboration et analyse grâce au logiciel CmapTools. *Recherches en didactique*, 24, 83-103. <http://dx.doi.org/10.3917/rdid.024.0081>
- Chevallard, Y. (1999). L’analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), 221-265.
- Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury & M. Caillot, *Rapport au savoir et didactiques* (pp. 81-104). Fabert.
- di Paola, V., Jellab, A., Moullet, S., Olympio, N. & Verdier, É. (2016). *Comment l’école amplifie les inégalités sociales et migratoires ?* (p. 56). CNESCO. http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2016/09/verdier_solo1.pdf
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 5, 37-65.
- Hirn, C. (1995). Comment les enseignants de sciences physiques lisent-ils les intentions didactiques des nouveaux programmes d’optique de classe de quatrième ? *Didaskalia*, 6, 39-54.
- Jellab, A. (2001). Le sens des savoirs chez les élèves de lycée professionnel : Une approche sociologique. *L’Homme et la société*, 139(1), 83-102. <https://doi.org/10.3917/lhs.139.0083>
- John, M., Molepo, J. M. & Chirwa, M. (2018). Secondary school learners’ contextualized knowledge about reflection and refraction: A case study from South Africa. *Research in Science & Technological Education*, 36(2), 131-146. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1395331>
- Jouin, B. (2002). Les sciences physiques en lycée professionnel, discipline de service par rapport à la technologie. *Aster*, 34, 9-32. <https://doi.org/10.4267/2042/8786>
- Maury, S. & Caillot, M. (2003). *Rapport au savoir et didactiques*. Éd. Fabert.
- MEN. (2019). *Bulletin officiel spécial n°1 du 22 janvier 2019*. https://cache.media.education.gouv.fr/file/SP1-MEN-22-1-2019/98/9/spe634_an-

nexe_1062989.pdf

- Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them* [Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008]. Florida Institute for Human and Machine Cognition. <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>
- Palheta, U. (2011). Enseignement professionnel et classes populaires : Comment s'orientent les élèves « orientés ». *Revue française de pédagogie*, 175, 59-72. <https://doi.org/10.4000/rfp.3052>
- Pélissier, L. & Venturini, P. (2016). Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique : Le cas de la notion de modèle. *Éducation et didactique*, 10(2), 63-90.
- Scache, D. (1986). Pour l'introduction d'une composante technologique au LEP en Sciences Physiques. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 680, 409-426.

ANNEXE

Comparaison des techniques employées pour la résolution de deux types de tâches caractéristiques de l'étude de la réfraction. Dans les colonnes de droite, figurent les nombres de fois où la technique est employée dans les ressources institutionnelles pour enseigner et le pourcentage correspondant.

Théorie Θ	Technologie θ	Techniques τ	Types de tâches T	En LP	En LG
Lois de la réfraction	Le phénomène de la réfraction Etude de la déviation de la lumière	Mesure des angles, calcul des sinus et montrer que la relation $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ est vérifiée	Vérifier/établir expérimentalement les lois de la réfraction	1 (14%)	1 (9%)
		Construction de triangle rectangle et comparaison des côtés opposés		0 (0%)	1 (9%)
		Mesure des angles, calcul des sinus et représentation graphique $\sin i_2 = f(\sin i_1)$		2 (29%)	6 (55%)
		Mesure des angles, calcul des sinus et calcul du rapport $\sin i_1 / \sin i_2$		4 (57%)	2 (18%)
	La réfringence d'un milieu est liée à la valeur de n	Lors du passage air/milieu, mesurer les angles puis appliquer la relation de Descartes pour retrouver n	Déterminer l'indice de réfraction d'un milieu transparent	6 (50%)	2 (14%)
		Lors du passage milieu/air se placer à la limite de la réflexion totale et utiliser la relation $n = 1/\sin i_{1_lim}$		1 (8%)	0 (0%)
		Mesure des angles, calcul des sinus et représentation graphique $\sin i_2 = f(\sin i_1)$		0 (0%)	12 (86%)
		Mesure des angles, calcul des sinus et calcul du rapport $\sin i_1 / \sin i_2$		5 (42%)	0 (0%)

PRÉCONCEPTIONS MÉTHODOLOGIQUES ET FORMALISME DU DOMAINE DE VALIDITÉ ANALYSE DES ERREURS D'ÉTUDIANTS EN RÉOLUTION DE CIRCUITS ÉLECTRIQUES

Renaud Theunissen¹, Raoul Sommeillier¹, Frédéric Robert¹
1 : Université Libre de Bruxelles (BEAMS Department)

Résumé : Les préconceptions ont été activement étudiées en tant qu'élément-clé des difficultés d'apprentissage. Elles ont été rapportées dans une large palette de disciplines, dont l'électricité. Nous investiguons ici l'application d'une formalisation particulière de ce phénomène à l'enseignement de la théorie des circuits en école d'ingénieurs. Notre démarche se caractérise par une modélisation des préconceptions combinant deux éléments : l'explicitation du domaine de validité et l'inclusion de préconceptions méthodologiques. Au départ d'erreurs constatées dans les réponses écrites des étudiants, nous montrons que l'application des deux éléments précédents conduit d'une part, à une relecture non triviale de la séquence d'enseignement des différentes méthodes de résolution des circuits et, d'autre part, à la possibilité de cartographier les préconceptions méthodologiques individuelles des étudiants pour tenter d'y remédier.

Mots-clés : préconception, domaine de validité, préconception méthodologique, électricité, théorie des circuits.

METHODOLOGICAL PRECONCEPTIONS AND DOV FRAMEWORK ANALYSIS OF STUDENTS' ERRORS IN ELECTRICAL CIRCUIT SOLVING

Abstract : Students' prior knowledge have been actively studied as major element of learning difficulties. They are found in a wide range of disciplines including electricity courses. In this review, we propose to investigate the application of a specific preconception-oriented framework to circuit solving procedures in an electricity course at university level. Our approach is characterized by a preconception modeling that combines two elements: the domain of validity description and the introduction of methodological preconceptions model. From students' written response errors in circuit solving, we intend to prove that applying those two elements application provides on the one hand a non-trivial reordering of the solving methods to be taught in the course, and on the other hand a tool for teachers to map the students' individual methodological preconceptions and to design strategies to help students to overcome them.

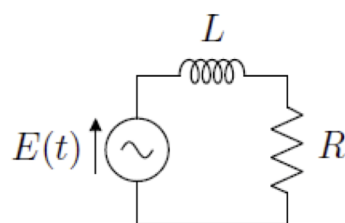
Keywords : preconception, Domain of Validity, Methodological Preconception, Electricity, Circuit Solving Theory

INTRODUCTION

Il est fréquent qu'un enseignant rencontre des erreurs et difficultés récurrentes auprès de ses étudiants. Nombre de ces erreurs peuvent être plus facilement expliquées si l'on considère qu'un étudiant construit son apprentissage en s'appuyant sur des concepts antérieurs que l'on appelle préconceptions (Bell, 1993 ; Bull, Jackson & Lancaster, 2010 ; Clément, 1982 ; Hammer, 1996 ; Holton, 2006 ; Vosniadou, 2012). Celles-ci sont susceptibles d'entrer en conflit avec l'assimilation de nouveaux savoirs (Bull et al., 2010) et de conduire à des blocages. Plusieurs courants de recherche ont émergé pour développer cette notion complexe (Clément, 1993 ; Hammer, 1996 ; Sommeillier, Quinlan & Robert, 2019 ; Vosniadou, 2011, 2012).

Les cours d'électricité enseignés dans le supérieur ne font pas exception (Demirci & Çirkinoğlu, 2004 ; Michelet, Adam & Luengo, 2007 ; Peşman & Eryilmaz, 2010 ; Turgut, Gürbüz & Turgut, 2011). Ceci peut être illustré par l'exemple introductif suivant.

Lors des séances de laboratoire nous soumettons à nos étudiants la question ci-dessous : Soit le circuit suivant avec. On mesure aux bornes de la résistance une amplitude de E et aux bornes de l'inductance une amplitude de E . Quelle est l'amplitude de la source ?



À cette question, une large majorité d'étudiants répondent $E=7V$, sommant algébriquement les amplitudes de tension présentes sur L et sur R . La réponse correcte est néanmoins $E=5V$ car il existe un déphasage de 90° entre les deux tensions (addition complexe).

L'erreur est massive : parmi 209 copies concernant quatre cohortes d'étudiants, 64,3 % répondent $E=7V$. Seuls 9,2 % donnent la réponse correcte (5V), et 26,5 % fournissent une autre réponse.

Cette situation se présentant en dépit de séances d'exercices et des cours théoriques préalables, nous mène à penser qu'il s'agit bien d'une préconception (ou conception naïve) (Megalakaki & Labrell, 2009).

Nous entendons par préconceptions l'ensemble des représentations qui constituent un réseau de connaissances déjà présentes dans l'esprit des étudiants et en rapport, selon leur expérience et raisonnement, avec les modèles ou concepts présentés dans un cours. Celles-ci peuvent entrer en conflit avec l'intégration de nouvelles connaissances et nécessiter un changement conceptuel dans la manière dont l'étudiant appréhendait le sujet d'étude (Megalakaki & Labrell, 2009 ; Reuter et al, 2013).

Au-delà de cet exemple introductif, en tentant de décrypter plus globalement les erreurs commises dans un cours d'électricité de BAC2 en sciences de l'ingénieur à l'École Polytechnique de Bruxelles, nous avons été amenés à proposer un formalisme particulier (Sommeillier & Robert,

2016). Une préconception y est formée de deux composantes : le « modèle » (le « savoir » classiquement visé : un concept, un principe, une procédure, etc.) et le « domaine de validité » ou « DdV » (le périmètre dans lequel le « modèle » est applicable). À ces deux composantes, nous ajoutons l'hypothèse qu'une préconception apparaît lorsqu'un modèle est associé à un DdV surdimensionné, trop vaste au regard de l'applicabilité réelle du modèle.

En conséquence, dépasser une préconception revient à réduire le DdV du modèle associé. Une stratégie d'enseignement consiste donc à confronter l'étudiant à une « expérience paradoxale », c'est-à-dire une situation (exercice, problème, question) à rechercher dans le périmètre compris entre le DdV surdimensionné et le DdV réellement applicable. Une telle expérience permet en effet de provoquer une contradiction, un conflit, entre le raisonnement de l'étudiant et le résultat réellement observable ; elle initie l'étape de changement conceptuel requis pour dépasser l'obstacle à l'apprentissage que constitue la préconception.

Créer une situation d'enseignement confrontant l'étudiant à une telle expérience contribue nettement, selon notre pratique de terrain, au dépassement de la préconception. Si un tel propos n'est certainement pas neuf, la modélisation que nous proposons illustre et opérationnalise cette stratégie d'enseignement de manière particulièrement claire. En effet, s'il est souvent fréquent pour un étudiant d'augmenter la portée d'un concept pour des situations dépassant le cadre de celui-ci, la réduction du DdV d'un concept est une démarche visiblement moins naturelle, tant pour les apprenants que pour les enseignants (Givry & Tiberghien, 2012).

Nos recherches nous ont également amenés à postuler l'existence de préconceptions méthodologiques. Celles-ci se distinguent des préconceptions « classiques » par le fait que le savoir potentiellement erroné relève, non pas de la discipline elle-même (lois de l'électricité, par exemple) mais de la méthode suivie pour résoudre le problème.

Nous testons dans ce qui suit l'hypothèse selon laquelle la combinaison de ces différents éléments (domaine de validité et préconception méthodologique) permettrait d'expliquer un certain nombre d'erreurs persistantes chez nos étudiants et suggérerait des stratégies de dépassement originales. Le cas d'étude choisi est celui de la résolution des circuits électriques.

MÉTHODES ET CIRCUIT : FORMALISATION PAR DOMAINE DE VALIDITÉ

L'exemple donné en introduction relève d'un mauvais choix de méthode qui peut sembler trivial. Il s'inscrit néanmoins dans la problématique beaucoup plus complexe du choix de la méthode la plus adéquate pour résoudre un circuit électrique (c'est-à-dire déterminer toutes les valeurs de tensions et courants présents dans le circuit proposé et pour tous les instants). Les variantes dans les cheminements possibles sont nombreuses. Résoudre un circuit demande donc de développer des stratégies cognitives de haut niveau. À cette fin, de nombreux cours d'électricité se basent sur la séquence : 1) résolution des circuits résistifs ; 2) résolution des circuits réactifs en formalisme temporel (circuits RC, RL, RLC) ; 3) résolution des circuits réactifs en formalisme fréquentiel (méthode des phaseurs). C'est également le cas, initialement, du cours évoqué dans cet article.

Or, en combinant la notion de préconception méthodologique et l'idée qu'une préconception est un modèle dont le DdV est surdimensionné, nous arrivons naturellement à l'hypothèse que les erreurs constatées proviennent d'une surestimation de la gamme d'application des mé-

thodes (ou modèle en toute généralité), amenant la possibilité de créer des « expériences paradoxales liées aux méthodes » afin d'améliorer les stratégies cognitives des étudiants.

Sur cette intuition, une analyse approfondie des méthodes de résolution et de leurs conditions d'applicabilité nous a amenés à distinguer quatre méthodes et huit types de circuits.

Les méthodes sont :

- La méthode algébrique classique (M1), applicable par hypothèse aux circuits résistifs uniquement, consiste à écrire un système d'équations comprenant les lois de Kirchhoff pour les mailles et nœuds du circuit, ainsi que les lois constitutives des dipôles concernés, puis à résoudre le système pour trouver les tensions et courants.
- La méthode des équations différentielles ordinaires (EDO ou M2) consiste à étendre la méthode M1 aux éléments réactifs, dont les lois constitutives comprennent alors une dérivée ou une intégrale.
- La méthode des phaseurs (M3) exploite le formalisme fréquentiel pour écrire les lois des composants réactifs ou résistifs et les lois de Kirchhoff sous la forme d'équations algébriques (non-différentielles) complexes. Elle n'est valable qu'en régime sinusoïdal permanent.
- La méthode des lois long terme (M4) concerne la situation spécifique de circuits comprenant des éléments réactifs¹ mais dont les sources sont continues.

Afin de choisir une méthode de résolution d'un circuit, nous sommes par ailleurs amenés à formuler trois critères :

- Le circuit comporte-t-il des éléments réactifs (ou uniquement résistifs) ?
- Le circuit est-il alimenté par une source² alternative (AC) ou continue (DC) ?
- Le circuit comporte-t-il un interrupteur ?

Les réponses étant binaires, huit catégories de circuits apparaissent :

Type circuit	1	2	3	4	5	6	7	8
Composant	Résistif	Résistif	Résistif	Résistif	Réactif	Réactif	Réactif	Réactif
Alimentation	DC	DC	AC	AC	DC	DC	AC	AC
Interrupteur	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui

Table1: Huit types de circuits en fonction des trois critères

Ces critères permettent de lier les différents types de circuits rencontrés dans le cours à une des méthodes de résolution. Dans le formalisme que nous proposons, ces méthodes et leurs DdVs associés peuvent être représentés comme à la fig. 1. Celle-ci illustre que :

- M1 est applicable aux circuits purement résistifs ;
- M2 est applicable à tous les types de circuits ;
- M3 est applicable aux circuits résistifs ou réactifs ne comportant pas de transitoire ;

1 M4 pourrait à priori constituer une sous-étape de la méthode M2. Cependant compte tenu des huit catégories de circuits auxquelles nous aboutissons, nous lui donnons ici le statut de méthode à part entière.

2 Nous supposons dans cet article un choix binaire entre sources sinusoïdales ou sources continues. Le cas des sources périodiques non sinusoïdales, par exemple, peut être traité en incluant la superposition comme une méthode additionnelle.

- M4 est applicable au cas spécifique des circuits réactifs en continu.

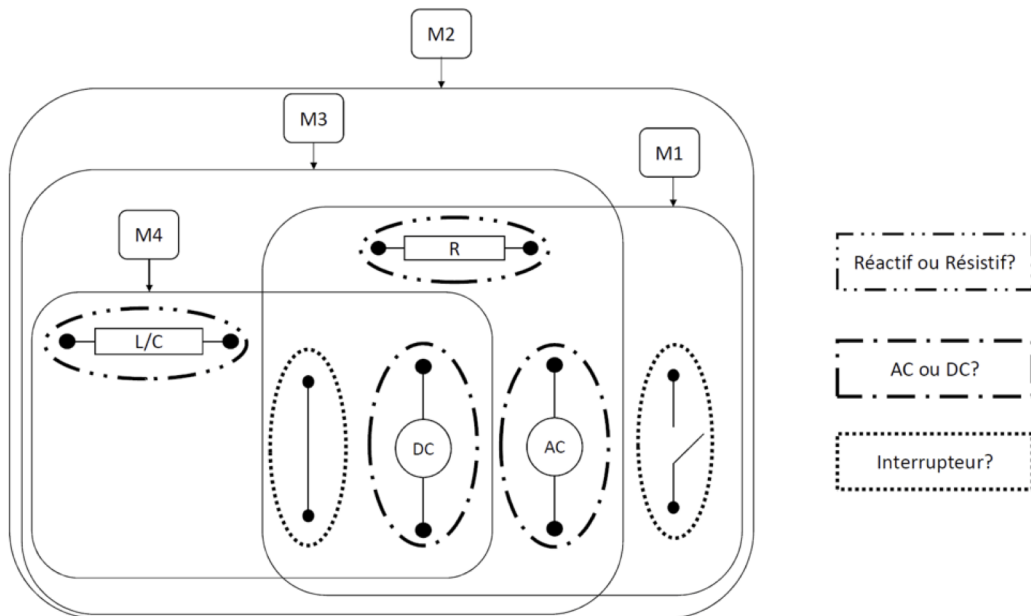


Figure 1 : Théorie des circuits : formalisme des Domaines de Validités

ANALYSE ET RÉSULTATS

APPLICATION À L'EXEMPLE INTRODUCTIF

Revenant au circuit de notre exemple pour l'étudier à la lumière du formalisme de la fig. 1., nous remarquons que les méthodes M2 (EDO) et M3 (phaseurs) sont applicables.

On peut vérifier qu'en utilisant la méthode M3, la solution est celle attendue :

Par ailleurs, ceux qui ont utilisé M2 ont eu à résoudre l'équation différentielle :

Cette méthode est également correcte, mais nettement plus lourde, impliquant notamment d'utiliser comme étape de calcul la méthode M4.

Or, en analysant les développements écrits proposés par les étudiants (cf. Annexe I), on constate que :

- 42,2 % des étudiants ont utilisé le formalisme des phaseurs (M3) ;
- 34,8 % ont utilisé la résolution de l'EDO dans le domaine temporel (M2) ;
- 20,8 % ont utilisé une combinaison des deux méthodes ;
- 2,2 % ont donné directement une réponse finale sans justification ni méthode ou n'ont fourni aucune réponse.

Un premier constat est donc que si un groupe important privilégie M3 (méthode la plus adéquate), plus de 55 % des étudiants tente d'utiliser une méthode moins adéquate (M2) voire une combinaison de méthodes (M2+M3) qui est incohérente. Une majorité d'étudiants se fourvoie donc dès le départ.

Ensuite, choisir une méthode ne suffit bien sûr pas à garantir sa bonne application. L'analyse des

réponses des étudiants amène, de ce point de vue, les constats suivants :

- 20 % seulement de ceux ayant opté pour M3 trouvent la valeur correcte (mais parmi ces derniers, tous ceux qui ont utilisé un diagramme des phaseurs, c'est-à-dire un registre sémiotique complémentaire, fournissent la réponse correcte).
- tous les étudiants utilisant M2 obtiennent une réponse erronée, symptôme probable d'une mauvaise maîtrise de cette méthode plus complexe.

On retrouve au total le résultat donné en introduction selon lequel moins de 10 % des étudiants obtiennent en finale la réponse correcte (5V). Au contraire, l'analyse des copies montre que plus de 60 % des étudiants finissent, volontairement ou non, par appliquer une sommation algébrique (qui relève de la méthode M1), pour obtenir la valeur 7V.

Le fait que la majorité des étudiants utilise en finale un processus relevant d'une méthode inadéquate, mais qui est cependant la méthode par laquelle la résolution des circuits leur a été initialement introduite, est conforme à nos hypothèses de départ : la persistance de la méthode M1 dans des situations ne relevant pas de son DdV, nous amène à interpréter le phénomène observé comme étant une préconception méthodologique. En conséquence, il convient selon nous d'amener une majorité d'étudiants à réduire le domaine de validité qu'ils associent erronément à M1 pour contrer cette erreur massive.

La validation rigoureuse de cette dernière hypothèse est notamment en cours, via l'analyse d'interviews d'étudiants, ce qui dépasse le cadre de cet article. Signalons néanmoins que le fait que nous soumettions systématiquement chaque année, lors des interrogations de laboratoire, cette question aux étudiants, n'a d'autre but que de créer une expérience paradoxale qui doit les amener individuellement à franchir l'étape de réduction du DdV de M1. Il ne s'agit donc pas d'une simple interrogation de laboratoire mais d'un élément conscient de notre dispositif pédagogique centré sur le dépassement des préconceptions. En ce sens, le formalisme des DdVs, tel que présenté graphiquement à la fig. 1., nous permet de mettre en place une stratégie visant à contrer les erreurs les plus massives et résistantes rencontrées chez nos étudiants.

DISCUSSION DE LA SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT DES MÉTHODES

L'utilité de la fig. 1. en tant qu'outil diagnostique pour interpréter les erreurs rencontrées par nos étudiants, n'est pas le seul usage que l'on peut attendre du formalisme proposé. Dans le cas présent, ce dernier suggère également un angle de vue nouveau sur la matière. En effet, un cheminement logique, du point de vue de la taille des DdVs pour séquencer l'ordre d'enseignement des méthodes de résolution, consisterait à enseigner M1 puis M3 puis M2. On traiterait ainsi des circuits résistifs, puis des circuits réactifs à source sinusoïdale (ce qui implique uniquement d'étendre la méthode M1 au calcul complexe, en traitant au passage du cas particulier des circuits concernés par M4), puis au cas le plus général impliquant des équations différentielles.

Au lieu de cela, on enseigne classiquement M2 juste après M1, pour revenir ensuite aux phaseurs avec M3. Sur base de fig. 1., il paraît logique que les étudiants aient alors du mal à mobiliser la bonne méthode puisque l'ordre de présentation des méthodes n'a pas suivi une progression mais des aller/retours (en termes de taille du DdV). Suite à ce constat, nous envisageons de tester l'ordre d'enseignement M1/M3(M4)/M2 et de mesurer l'impact de cette séquence sur les erreurs des étudiants.

SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT INDIVIDUALISÉ

Enfin, un troisième axe d'investigation exploitant la fig. 1. pour dépasser les préconceptions a été imaginé. Via un logiciel développé dans le cadre d'un mémoire de fin d'études (Fara, 2019), une séquence en trois étapes a été présentée individuellement à une trentaine d'étudiants, après l'examen final du cours.

Celle-ci présente une suite de questions illustrées par différents types de schémas (cf. Annexe II). Lors de la première étape, les questions portent sur l'utilisation de l'une ou l'autre méthode en regard de différents circuits. Le logiciel peut ainsi « cartographier » les DdVs de l'étudiant pour chacune des quatre méthodes.

Dans la deuxième étape, le logiciel crée des conflits cognitifs adaptés à chaque étudiant : sur la base de la cartographie précédente, le logiciel propose une série d'expériences paradoxales spécifique à chaque étudiant. Chaque expérience paradoxale met en évidence la contradiction existant dans le raisonnement de l'étudiant à propos du choix de la méthode effectuée. Ceci doit amener l'étudiant à redimensionner les DdV des différents modèles tels qu'il les conçoit, et ainsi induire les changements conceptuels attendus.

Pour cela, le logiciel choisit un type de circuit figurant dans un DdV surdimensionné et génère des questions élémentaires sur celui-ci (ex : ce circuit contient-il un composant réactif ?) ou sur des notions d'électricité (ex : est-ce la loi d'une capacité ?). Le logiciel guide ainsi l'étudiant vers la contradiction (« expérience paradoxale ») qui sous-tend son erreur et met en évidence le surdimensionnement, dans le chef de l'étudiant, du DdV de la méthode initialement choisie.

Dans la troisième étape, le logiciel propose des questions similaires à celles de l'étape 1, afin de tester si une évolution a eu lieu. L'ensemble des trois étapes prend environ 20 minutes.

Les réponses obtenues à l'étape 1 montrent que la majorité des étudiants (85 %) persiste à éprouver des difficultés à associer les méthodes appropriées aux différents types de circuits. Les résultats du post-test (étape 3) rapportent que 64 % des utilisateurs commettent moins d'erreurs (diminution de 67 %) après la phase de conflit cognitif. Si des analyses complémentaires doivent être effectuées pour confirmer ces bons résultats à plus long terme, cette expérience tend néanmoins à montrer que les préconceptions méthodologiques, combinées au formalisme DdV, constituent une grille de lecture pertinente pour analyser les erreurs dans le domaine de la résolution des circuits et concevoir des stratégies d'enseignement efficaces.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'analyse des erreurs récurrentes des étudiants inscrits au cours d'électricité de deuxième bachelier à l'EPB, nous a conduit à formuler une hypothèse qui offre un éclairage complémentaire aux préconceptions classiques. En exploitant le lien qui existe entre une méthode de résolution et les situations pour lesquelles elle est applicable (ou plus largement, entre un modèle et son DdV), il est apparu que ces limites n'étaient pas clairement intégrées pour une majorité d'étudiants. L'utilisation systématique d'une méthode ou d'un modèle à des cas n'appartenant pas à leur DdV est une erreur méthodologique suggérant une généralisation abusive de son DdV que nous appelons préconception méthodologique.

Pour lutter contre celles-ci, nous avons cartographié, à l'aide d'un schéma représentant les DdVs des méthodes de résolution (fig. 1.), les limites de leur utilisation en fonction du type de circuit rencontré.

Nous avons testé notre hypothèse avec cette cartographie pour interpréter, notamment, une erreur fréquemment rencontrée auprès de plusieurs cohortes d'étudiants (91,8 % d'échec). Ce schéma nous a offert une grille de lecture démontrant qu'une large majorité d'étudiants ne respecte pas en pratique les spécificités des différentes méthodes, utilisant la plus générale et complexe (M2) là où des alternatives plus pertinentes existent.

En plus de son utilité diagnostique, le formalisme proposé nous a permis de questionner la séquence d'enseignement suivie dans la majorité des cours, dégageant la perspective d'enseigner la matière en suivant une structure à priori plus naturelle en termes de DdV.

Enfin, nous avons expérimenté, sur un nombre restreint d'utilisateurs, un logiciel permettant de mettre en place des stratégies de dépassement individualisées des préconceptions. En un temps limité (20 minutes), ce logiciel permet à plus de 85 % des étudiants de réduire significativement leur taux d'erreur.

Cet ensemble de résultats nous incite à poursuivre l'exploration du formalisme du domaine de validité comme outil pour identifier et mettre en oeuvre des stratégies d'enseignement efficaces.

BIBLIOGRAPHIE

- Bell, A. (1993). Some experiments in diagnostic teaching. *Educational Studies in Mathematics*, 24(1), 115–137. <https://doi.org/10.1007/BF01273297>
- Bull, S., Jackson, T. J. & Lancaster, M. J. (2010). Students' Interest in Their Misconceptions in First-Year Electrical Circuits and Mathematics Courses. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 47(3), 307–318. <https://doi.org/10.7227/IJEEE.47.3.6>
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66–71. <https://doi.org/10.1119/1.12989>
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241–1257. <https://doi.org/10.1002/tea.3660301007>
- Demirci, N. & Çirkinoğlu, A. (2004). Determining Students' Preconceptions/Misconceptions in Electricity and Magnetism. *Journal of Turkish Science Education*, 1(2), 51–54. Retrieved from <http://www.tused.org/internet/tused/archive/v1/i2/synopsis/tusedv1i2o4.pdf>
- Fara, S (2019). *Développement d'une stratégie d'enseignement basée sur les préconceptions : création et test d'une application en ligne mettant en oeuvre la notion de domaine de validité*. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Civil en informatique à finalité spécialisée. École Polytechnique de Bruxelles.
- Givry, D. & Tiberghien, A. (2012). Studying Students' Learning Processes Used during Physics Teaching Sequence about Gas with Networks of Ideas and Their Domain of Applicability. *International Journal of Science Education*, 34(2), 223-

249. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.566289>
- Hammer, D. (1996, January). Misconceptions or P-Prims: How May Alternative Perspectives of Cognitive Structure Influence Instructional Perceptions and Intentions? *Journal of the Learning Sciences*, *5*, 97–127. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0502_1
- Holton, D. L. (2006). *Enactive modeling as a catalyst for conceptual understanding: An example with a circuit simulation*. Retrieved from <https://etd.library.vanderbilt.edu/available/etd-07182006-085539/unrestricted/holton-dissertation.pdf>
- Khantine-Langlois, F. (2004). Passer du continu à l'alternatif : pas si simple. *Bulletin de l'Union des physiciens*, *866*, 1167–1175. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?a-Modele=afficheN&cpsidt=16073743>
- Megalakaki, O. & Labrell, F. (2009). Les conceptions naïves connaissances organisées, bases des changements conceptuels. *Psychologie française*, *54*, 1-9 DOI : 10.1016/j.psfr.2008.09.002
- Michelet, S., Adam, J.-M. & Luengo, V. (2007). Adaptive learning scenarios for detection of misconceptions about electricity and remediation. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *2*(1), 1–5.
- Peşman, H. & Eryilmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *Journal of Educational Research*, *103*(3), 208–222. <https://doi.org/10.1080/00220670903383002>
- Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delchambre, I. & Lahanier-Reuter, D (2013). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. De Boeck Supérieur.
- Robert, M., Khantine-Langlois, F., Munier, V. & Dusseau, J.-M. (2008). Grandeurs et mesures en électrocinétique des courants variables. *Aster*, *47*. <https://doi.org/10.4267/2042/28848>
- Sommeillier, R., Quinlan, K. M. & Robert, F. (2019). [under review] Domain of Validity Framework: From a review of constructs to a new theory of students' preconceptions in science. *Studies in Science Education*.
- Sommeillier, R. & Robert, F. (2016). *Les préconceptions en théorie des circuits électriques au niveau universitaire : développement d'une stratégie de dépassement*. In 9ème Rencontre de l'ARDiST. Université d'Artois, Lens, France.
- Turgut, Ü., Gürbüz, F. & Turgut, G. (2011). An investigation 10th grade students' misconceptions about electric current. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *15*, 1965–1971. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.036>
- Vosniadou, S. (2011). *International Handbook of Research on Conceptual Change. Science & Education*, *20*(5–6), 563–576. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9283-6>
- Vosniadou, S. (2012). Reframing the Classical Approach to Conceptual Change: Preconceptions, Misconceptions and Synthetic Models. In *Second International Handbook of Science Education* (pp. 119–130). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_10

ANNEXE I : SYSTÈME DE NOTATION DES INTERROGATIONS DE LABORATOIRE

Lors de chaque séance de laboratoire (six au total par année), une interrogation écrite est proposée aux étudiants. Cette interrogation comprend deux questions, dont l'une revient sur la séance précédente de laboratoire et l'autre repose sur les connaissances nécessaires pour la manipulation du jour. Chaque question est évaluée sur un point, soit un total de deux points par interrogation de laboratoire.

Nous avons recueilli et traité 3422 copies d'interrogations au cours de quatre années consécutives.

Les questions soumises aux étudiants demandent de calculer la valeur numérique d'une grandeur physique dans le cadre d'une situation donnée (par exemple : une tension, un courant, une impédance dans un circuit ou une valeur de champ pour un matériau magnétique sur base d'un graphique présentant un cycle d'hystérésis) et de la justifier par des arguments physiques et/ou des développements mathématiques.


Pour chaque question, l'attribution des points est réalisée selon le canevas général suivant :

- Si l'étudiant fournit la bonne réponse finale (signe, valeur numérique, unités) argumentée par un développement mathématique, des justifications physiques ou graphiques, alors l'étudiant obtient 1 point à la question.
- Si l'étudiant fournit la bonne réponse finale argumentée par un développement mathématique, des justifications physiques ou graphiques, mais que la copie comporte une erreur mathématique jugée mineure, alors l'étudiant obtient 0,5 point à la question.
- Si l'étudiant donne la bonne réponse finale (signe, valeur numérique, unités) mais ne donne pas de justifications ou de développement, ou en donne mais ceux-ci sont erronés, alors l'étudiant obtient 0,5 point pour la question.
- Si l'étudiant apporte les justifications attendues mais échoue à déterminer la réponse finale ou propose une solution incorrecte, alors l'étudiant obtient 0,5 point pour cette question.
- Enfin, si l'étudiant ne remplit aucune des conditions précédentes (que ce soit en proposant des résultats faux ou en s'abstenant), il obtient alors une note de 0 point à la question posée.
- La question de l'exemple introductif a été proposée dix fois au cours des quatre années de l'expérience et a obtenu un pourcentage de réussite chez les étudiants inférieur à 30 %.

ANNEXE II : SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT INDIVIDUALISÉ

L'application décrite ci-dessous a été conçue et réalisée par Sam Fara dans le cadre de son mémoire de fin d'études de master ingénieur civil informaticien à l'École Polytechnique de Bruxelles. Celle-ci constitue une première approche de séquence d'enseignement individualisée s'appuyant sur les travaux des auteurs du présent article.

Cette application est disponible à l'adresse suivante <https://thesis-epb-elec.herokuapp.com/#/>



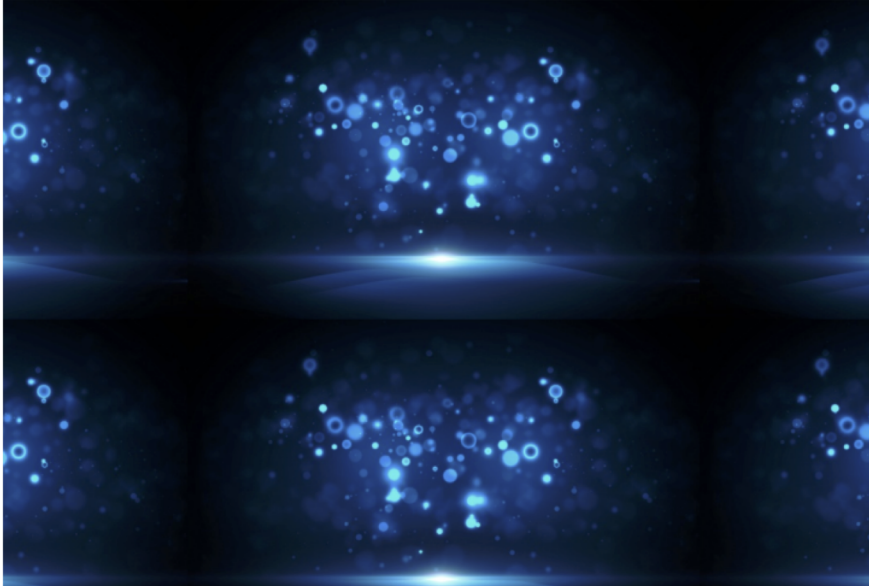
Email universitaire

Exemple : jeandupont@ulb.ac.be (*)

Le cours ELFC-H2001

Le cours ELFC-H301

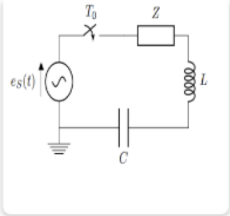
(*) Vos données personnelles ne seront communiquées ni à des tiers ni au titulaire responsable des cours. Elles sont uniquement utilisées pour déterminer le nombre d'étudiants différents s'étant connectés, et les cours suivis.

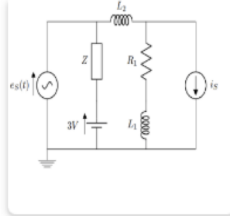


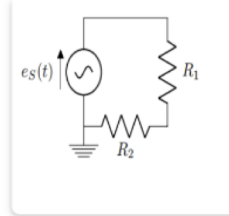
L'application propose de sélectionner les différents circuits électriques rencontrés dans le cours de deuxième bachelier en fonction des méthodes de résolution vues au cours.

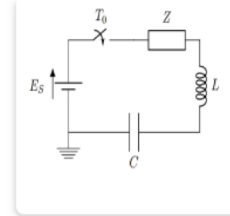
Parmi les circuits suivants, quels sont ceux qui requièrent l'utilisation des équations différentielles pour une résolution efficace

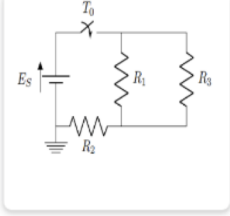
👉 Cliquez sur la ou les réponses qui vous semblent correctes

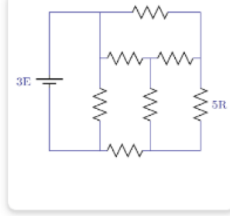


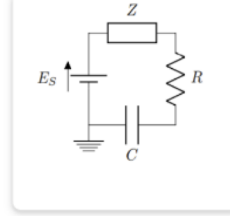


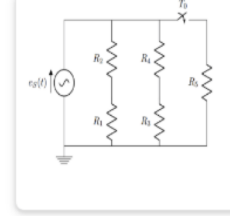




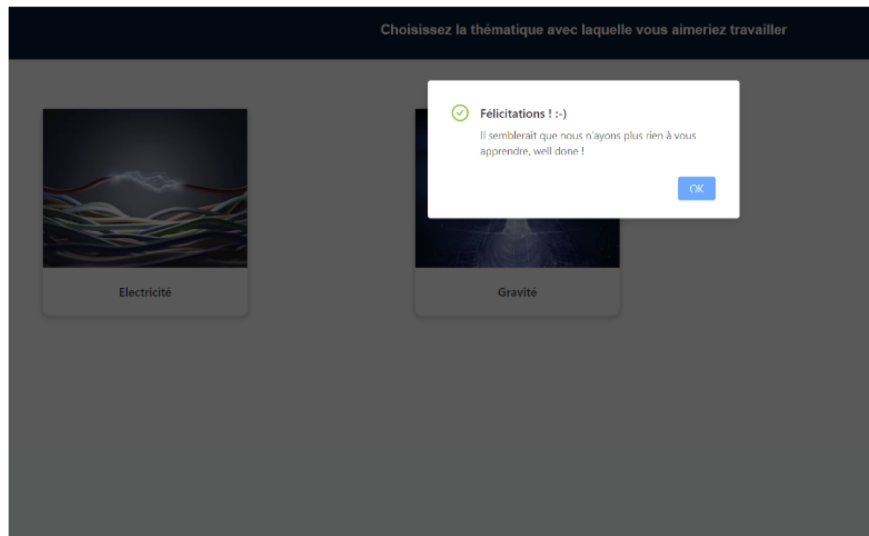




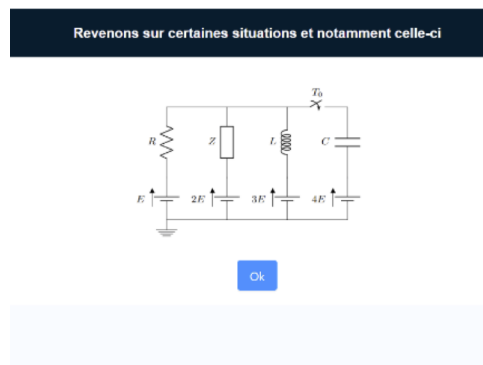




Puis en fonction des réponses données par l'étudiant : soit celui-ci n'a fait aucune erreur, auquel cas, un message apparaît et ramène l'utilisateur à la page d'accueil de l'application.



Soit une erreur (ou plusieurs) a été relevée et le programme lance une séquence de questions sur le circuit problématique ce qui initie la phase de conflit cognitif.



À chaque étape du processus, les réponses sont reprises dans la partie gauche de l'écran.

Sachant que Z est une inductance, quelle est la loi constitutive de Z ?



Réponses :

Les grandeurs électriques de ce circuit sont constantes avant et après la fermeture de l'interrupteur

Une équation différentielle est de la forme : $A dx/dt + Bx=0$

Ce circuit est réactif

L'équation constitutive d'un condensateur : $i=CdV/dt$

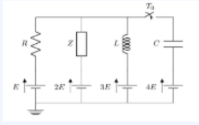
Cliquez sur la réponse qui vous semble correcte

$I=LdV/dt$

$V=Ldi/dt$

Après un certain nombre de questions, le programme propose de relever l'erreur initiale en reprenant, dans un ordre aléatoire, l'ensemble des réponses fournies par l'utilisateur, qui doit alors repérer celle qui est fausse.

Vos réponses contiennent une contradiction. Laquelle des affirmations suivantes est incohérente avec les autres ?



Ce circuit est réactif

Une équation différentielle est de la forme : $A dx/dt + Bx=0$

Les grandeurs électriques de ce circuit sont constantes avant et après la fermeture de l'interrupteur

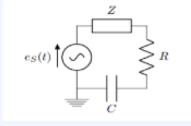
L'équation constitutive d'un condensateur : $i=CdV/dt$

La résolution de ce circuit ne fait pas appel aux Equ diff

L'interrupteur fermé, l'équation de maille comprendra les lois des composants réactifs

Si celui-ci ne sélectionne pas la bonne réponse, un message d'erreur apparaît :

Vos réponses contiennent une contradiction. Laquelle des affirmations suivantes est incohérente



✘ Mauvaise réponse ✕
 La sélection que vous venez de nous proposer est incorrecte

La résolution de ce circuit fait appel aux Equ diff

Lors du régime permanent sinusoïdal, tous les signaux sont des sinusoides d'amplitude constante

La source de ce circuit varie dans le temps

Ce circuit ne présentera pas de régime transitoire


La solution générale d'une équ diff définit le régime transitoire

La solution particulière d'une équ diff définit le régime permanent

Dans le cas où l'utilisateur a trouvé l'erreur, le programme lui propose une explication complémentaire pour renforcer le changement conceptuel visiblement détecté.

Revenons sur certaines situations et notamment celle-ci

✓ Félicitations, vous venez de comprendre qu'il est adéquat d'utiliser les Equa diff pour réagir face à ce type de cas



Il y a un intérêt à utiliser les équations différentielles car le circuit possède des composants réactifs et qu'il présente un régime transitoire

OK

L'application passe ensuite à l'erreur suivante, jusqu'à épuisement des erreurs.

PROCESSUS DE CO-CONCEPTION DANS LE CADRE D'UNE RECHERCHE COLLABORATIVE LE CAS DE RESSOURCES NUMÉRIQUES INNOVANTES POUR L'ENSEIGNEMENT ET L'ÉTUDE DE L'ASTRONOMIE AU CYCLE 3 DE L'ÉCOLE PRIMAIRE.

Géraldine Boivin-Delpieu¹

1 : Edition, Littératures, Langages, Informatique, Arts, Didactique, Discours - UFC (ELLIADD) -
Université de Franche-Comté : EA4661

Résumé : Cette recherche participative en cours est relative à l'étude de l'astronomie au cycle 3 de l'école primaire française. Notre communication vise à clarifier les conditions méthodologiques favorisant un dialogue productif entre chercheurs et praticiens lors de la co-construction de ressources didactiques pour l'enseignement et l'étude des mouvements de la Terre. Nous décrivons les deux premières phases de la recherche qui s'organise selon les principes méthodologiques de la Design-Based-Research (D-B-R, Collective, 2003). Lors de la première phase, à partir de pratiques ordinaires d'enseignants, le collectif praticiens-chercheur a explicité un problème didactique à traiter. La seconde phase a permis la conception d'un prototype de réalité augmentée, envisagée comme une solution au problème analysé en phase 1.

Mots-clés : recherche participative, numérique, modélisation, astronomie

THE CO-DESIGN PROCESS AS PART OF A COLLABORATIVE RESEARCH THE STUDY CASE OF INNOVATIVE DIGITAL RESOURCES USED TO TEACH AND LEARN ASTRONOMY IN 4TH GRADE IN PRIMARY SCHOOLS

Abstract : The focus of this ongoing participatory research is on teaching and learning astronomy in 4th grade in French elementary schools. Our present communication aims at identifying the methodological conditions fostering a productive dialogue between researchers and practitioners during the co-construction of didactic resources for the teaching and learning earth movements. We describe the first and second phases of the research that is organized according to the research which follows DBR (DBR C, 2003) methodology. In the first phase, based on ordinary teacher practices, the practitioner-researcher group elucidated a didactic problem. The second phase enabled the co-design of an augmented reality prototype, considered as a solution to the problem which had been analyzed in the first phase.

Keywords : participatory research, digital, modeling, astronomy

INTRODUCTION

Cette communication présente les deux premières étapes d'une recherche collaborative en cours, relative à l'étude et l'enseignement de l'astronomie à l'école primaire. En France, l'astronomie s'inscrit dans les programmes de sciences expérimentales du cycle 3 où le recours à la modélisation, mais aussi à des simulations, apparaît explicitement : « la construction des concepts scientifiques s'appuie sur une démarche, qui exige des observations, des expériences, des mesures, etc. » mais aussi « la construction progressive de modèles simples, permettant d'interpréter celles-ci et d'expliquer une diversité de phénomènes, et de les prévoir ». Les notions scientifiques en lien avec l'astronomie concernent « la place, les mouvements de la Terre parmi les planètes du système solaire » et sont détaillées « tout au long du cycle par l'observation et la modélisation mais aussi par d'autres approches telles que les simulations » (Bulletin officiel n°11 du 26 novembre 2015). Or, l'astronomie est un domaine où les élèves rencontrent de grandes difficultés en raison des incohérences entre ce qui est expérimenté et ce qui est enseigné (Kikas, 2006). De plus, de nombreux travaux ont révélé une compréhension limitée des modèles et de la modélisation chez les élèves, mais aussi chez les enseignants (Roy & Hasni, 2014).

QUESTIONS DE RECHERCHE

Dans ce contexte, du fait des injonctions institutionnelles en lien avec l'enseignement de l'astronomie et des difficultés identifiées par la recherche, nous visons, à travers la recherche présentée, un double objectif. Le premier, heuristique, est d'étudier les activités de modélisation des élèves en vue d'interpréter la construction des connaissances scientifiques, lors d'activités mettant en œuvre des objets tangibles et des simulations. Le second objectif, pragmatique, est l'élaboration de ressources didactiques dans ce domaine, intégrant les résultats de la recherche utiles aux praticiens, mais aussi les compétences spécifiques de ces derniers (Desgagné & Larouche, 2010). Nous avons donc opté pour une recherche de type collaborative afin de mettre à contribution les connaissances et les expériences issues de la recherche et de la pratique (Couture, 2005).

Notre communication vise à clarifier le processus de co-conception de ressources innovantes, dédiées à l'étude et à l'apprentissage des mouvements de la Terre, dans le cadre d'une collaboration chercheur-praticiens et en particulier, les conditions méthodologiques favorisant un dialogue productif entre les deux communautés.

FONDEMENTS THÉORICO-MÉTHODOLOGIQUES MOBILISÉS POUR ORGANISER LA COLLABORATION

Nous avons opté pour les principes théorico-méthodologiques de la Design-Based-Research (Design-Based-Research Collective, 2003) dont les enjeux apparaissent cohérents avec nos objectifs : « mobiliser la recherche pour élaborer des outils au service des pratiques quotidiennes des enseignants et développer des connaissances scientifiques sur la base de l'analyse des outils produits » (Bécu-Robinault, 2019, p. 35). La méthodologie au sein de la DBR se caractérise, au niveau macro, par un processus itératif suivant lequel quatre phases de travail sont repérables : (1) l'analyse d'un problème concret ; (2) le développement de solution ; (3) un cycle itératif d'essais de la solution en situation réelle et (4) une réflexion basée sur la collaboration chercheur-praticiens.

Comme le rappellent Burkhardt et Schonfeld (2003), concevoir et implanter une innovation techno-pédagogique dans un contexte éducatif, se déroule sur de longues échelles de temps.

Aussi, l'analyse du problème émanant du contexte relatif à la modélisation et à l'usage de simulation pour l'enseignement et l'étude de l'astronomie à l'école primaire, est précisé lors d'une première phase de travail se déroulant sur une année environ. En effet, en prenant appui sur les savoirs d'expérience des praticiens, mais aussi « sur les connaissances scientifiques liées aux processus d'apprentissage et aux difficultés des élèves dans le domaine concerné » (Goigoux, 2017, p. 138), nous avons ainsi pu expliciter le problème à traiter (phase 1, achevée). Puis, sur une nouvelle période d'un an, nous avons co-construit une solution techno-didactique lors de la deuxième phase de travail (en cours de finalisation). Cette solution sera ensuite testée dans les conditions ordinaires de la classe, afin de proposer de nouvelles améliorations (phase 3 à venir).

CADRES THÉORIQUES MOBILISÉS LORS DE L'IMPLEMENTATION DES DEUX PREMIÈRES

PHASES DE LA RECHERCHE COLLABORATIVE EN COURS

Dans cette recherche, les cadres théoriques mobilisés permettent à la fois l'analyse des phénomènes d'enseignement et d'apprentissage en contexte ordinaire, mais soutiennent également la deuxième phase de la recherche, à savoir la conception des ressources techno-pédagogiques. Nous avons eu recours à la théorie de l'action conjointe en didactique (TACD) issue des travaux menés en 2000 par Sensevy, Mercier et Schubauer-Léoni. Elle considère l'action didactique, nécessairement conjointe, comme une transaction modélisée à l'aide de la notion de jeux d'apprentissage, lorsque que l'objet transactionnel est lié à un savoir particulier. Pour décrire ces jeux particuliers, la TACD fait appel aux concepts de milieu et de contrat didactiques qui interfèrent et évoluent réciproquement au cours des transactions didactiques. Le contrat didactique (Brousseau, 1998 ; Sensevy, 2011) peut être décrit comme le système stratégique disponible permettant aux acteurs de jouer le jeu. En effet, lorsque les élèves abordent une nouvelle situation proposée par l'enseignant, ils s'appuient sur un ensemble de connaissances, d'éléments, de significations, élaborés conjointement dans les activités précédentes « comme un déjà-là ». « Ce contrat est un produit de l'action conjointe antérieure du professeur et des élèves » (DPE, 2019, p. 16). La notion de milieu, intimement liée à celle de contrat, peut être considérée comme le système stratégique potentiel d'un jeu d'apprentissage. Il cristallise « le potentiel d'action virtuel » que l'élève doit construire pour résoudre un nouveau problème (DPE, p. 24). Enfin, la TACD adjoint également un triplet de descripteurs théoriques et solidaires permettant de décrypter les modifications du milieu et du contrat didactique, en les situant dans le temps. Il s'agit de la genèse des milieux (mésogenèse), de la genèse du temps didactique (chronogenèse) et de la genèse des responsabilités vis-à-vis du savoir, assumées par le professeur et par les élèves (topogenèse). Dans cette communication, nous mobilisons uniquement les notions de méso et de chronogenèse.

De plus, nous avons mobilisé des références théoriques en lien avec le fonctionnement de la physique. En effet, nous considérons que la signification du savoir en classe dépend du fonctionnement du savoir de la discipline enseignée. Ainsi, reconstruire la signification des savoirs en situation ou élaborer de nouvelles situations d'apprentissage implique de solliciter des cadres théoriques en lien avec le fonctionnement, ici, des sciences physiques et donc d'associer à la TACD, une composante épistémologique liée aux activités de modélisation (Tiberghien, 2017 ; Boivin-Delpieu, 2015). Ainsi, toute activité visant à faire construire des connaissances compa-

tibles avec le savoir savant, devra permettre aux apprenants de mettre en relation des éléments des « modèles et théories enseignés et la description d'une situation matérielle en termes d'objets et d'évènements » (Bécu-Robinault, 2004, p. 118). En définissant le modèle « comme un système homomorphe à un système donné mettant en évidence certaines de ses caractéristiques » (Walliser, 1997), la variété des modèles utilisés en sciences semble large. Il peut s'agir de modèles constitués d'objets matériels mais aussi d'objets numériques, tels que des simulations ; ces dernières étant « des programmes informatiques qui sous-tendent un modèle simplifié d'une situation réelle complexe » (Droui & El Hajjami, 2014).

PHASE 1 : ANALYSE ET EXPLICITATION D'UN PROBLÈME CONCRET

MÉTHODOLOGIE

L'objectif de cette première phase étant de préciser le problème à traiter, il convient de synthétiser les connaissances liées aux processus d'apprentissage des élèves dans le domaine de l'astronomie et de mettre à jour leurs difficultés et celles des enseignants. Afin de considérer à la fois les pratiques réelles des enseignants et leurs savoirs d'expérience, mais aussi les résultats de la recherche (Desgagné et al., 2010), le chercheur a constitué un collectif de 5 professeurs des écoles volontaires en charge d'une classe de cycle 3.

Après la présentation du projet dans sa globalité, le chercheur a demandé aux enseignants d'élaborer une séquence d'enseignement en lien avec la partie « La planète Terre » des instructions officielles et d'y intégrer, conformément à ces dernières, une manipulation d'objets tangibles et une simulation numérique. En revanche, le choix des connaissances spécifiques visées et de la planification des contenus a été pleinement laissé aux enseignants. Les films de l'implémentation de ces séquences ont permis de constituer un premier recueil de données : une caméra grand angle a permis de conserver les comportements et communications de l'ensemble de la classe et une caméra mobile, ceux au sein des groupes. Les traces écrites au tableau, les documents distribués aux élèves ont également été conservés.

Une première analyse des processus cognitifs des apprenants du point de vue des activités de modélisation lors des phases de travail mettant en jeu la manipulation d'objets tangibles et l'utilisation de simulations, a été réalisée par le chercheur. Pour cela, un découpage des transcriptions des séances filmées selon deux niveaux est opéré : le premier niveau d'analyse correspond à une organisation thématique des séances ; le second, conformément à la TACD, à un découpage de ces thèmes en jeux d'apprentissage. Les outils mobilisés pour l'analyse sont ceux de la TACD, ainsi que les notions de niveaux de modélisation, liés à la référence épistémologique mobilisée. Puis, lors de réunions régulières, une sorte de conversation réflexive (Desgagné et al., 2010) au sein du collectif chercheur-praticiens s'est organisée autour des situations implémentées perçues comme problématiques par les praticiens ou données à voir comme l'étant par le chercheur.

DE L'ANALYSE DES ACTIVITÉS DE MODÉLISATION À L'EXPLICITATION D'UN PROBLÈME CONCRET.

L'analyse thématique et les discussions au sein du collectif mettent en évidence une organisation des séquences commune aux enseignants partenaires : (1) des phénomènes issus du monde des évènements sont donnés à voir aux élèves (la variation de la durée de la journée

pour une latitude donnée au cours de l'année et/ou la variation de la durée de la journée à une date donnée pour des lieux situés à des latitudes différentes) ; (2) leur description fait émerger un questionnement scientifique (du type : comment expliquer les faits observés ?) ; (3) une activité ayant pour objectif l'interprétation de ce phénomène est prévue ; (4) les connaissances sont structurées (mise en lien de l'inclinaison constante de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de l'écliptique au cours de la révolution avec la variation de la durée de la journée).

La co-analyse des jeux d'apprentissage où sont introduits objets tangibles et numériques, est révélatrice de la fonction attribuée à ces objets par les enseignants. En effet, les objets tangibles sont systématiquement introduits en vue d'interpréter des phénomènes observables. En revanche, les simulations¹ le sont majoritairement pour décrire des phénomènes, toujours préalablement étudiés, sans visée explicative. Ainsi, les jeux d'apprentissage correspondant sont marqués par une rupture chronogénétique, autrement dit, l'avancée des savoirs dans la classe est stoppée. De plus, dans les rares jeux où les simulations sont convoquées par les enseignants dans le but d'interpréter un phénomène observable, on constate une évolution des prises de paroles des élèves conduisant à l'abandon de cet objectif. En effet, les élèves relèvent systématiquement les indices donnés à voir à travers la simulation permettant de préciser la description du phénomène étudié, mais jamais les éléments du modèle, pourtant présents dans la simulation, permettant de l'interpréter. D'ailleurs, le recours aux simulations précédant la manipulation d'objets tangibles n'a jamais permis de réduire les difficultés des élèves liées à la méconnaissance des mouvements de la Terre.

L'analyse montre également que les avancées chronogénétiques sont systématiquement liées à des jeux impliquant des objets tangibles. Dans ces cas, on constate une réorganisation des éléments matériels du milieu, selon le système de connaissances des élèves, leur permettant de mettre à l'épreuve des observations caractéristiques du phénomène étudié. Les rétroactions fournies par les éléments matériels leur permettent alors de développer une stratégie gagnante et donc, de construire de nouvelles connaissances.

Toutefois, même si les avancées chronogénétiques sont systématiquement constatées lors de l'utilisation d'objets tangibles, la réciproque n'est pas vraie. En effet, les rétroactions du milieu via les objets tangibles se sont parfois révélées comme des obstacles à l'avancée des connaissances visées. Par exemple, un faisceau lumineux trop étroit de la lampe représentant le soleil peut impliquer une mauvaise interprétation, de la part des élèves, de la partie éclairée de la balle représentant la Terre.

Cette première analyse réalisée d'abord par le chercheur puis au sein du collectif, confirme les hypothèses théoriques liées au processus d'apprentissage des élèves en sciences physiques. En effet, des avancées significatives du savoir ont été constatées lorsque les élèves ont pu mettre en relation « des éléments du modèle visé avec des éléments issus de la description matérielle en termes d'évènements ». L'analyse collective, au-delà de ce point théorique, a également permis de lister les difficultés des élèves et des enseignants pour chacune des activités scientifiques proposées, soit avec des objets tangibles, soit avec des simulations. Ces échanges ont été formalisés dans un document partagé qui a constitué un premier espace commun favorisant le dialogue. Ainsi est apparue la nécessité de créer une ressource didactique favorisant les activités de modélisation mais aussi, permettant de prendre en charge les principales difficultés

1 Exemple de simulations utilisées : <https://www.reseau-canope.fr/lesfondamentaux/video/la-revolution-de-la-terre-autour-du-soleil.html>

cognitives et matérielles constatées. Le collectif a alors orienté sa réflexion autour de la conception d'une ressource numérique en formalisant le problème ainsi :

Comment chercheur et praticiens peuvent-ils, lors de l'élaboration d'une ressource numérique dédiée à l'enseignement et l'étude des mouvements de la Terre au cycle 3, prendre en compte à la fois les hypothèses théoriques sur l'apprentissage en sciences physiques mais aussi, les leviers et les difficultés identifiés lors de l'analyse conjointe de séances ordinaires ?

PHASE 2: ÉLABORATION D'UNE SOLUTION TECHNO-PÉDAGOGIQUE

Pour cette deuxième phase, un enseignant-chercheur (physique théorique et astrophysique) ainsi que deux personnes de la DANE², dont une professeure de SVT exerçant au cycle 3, ont rejoint le collectif. Lors de réunions régulières, ce nouveau collectif a co-imaginé les caractéristiques d'un outil numérique prenant en compte les contraintes didactiques issues des résultats de l'analyse de la phase précédente, les compétences des praticiens, certaines hypothèses théoriques sur l'apprentissage à travers, notamment, les activités de modélisation, ainsi que les contraintes institutionnelles liées aux concepts à enseigner. Ces caractéristiques, d'abord exprimées dans un langage commun aux chercheurs et aux praticiens, ont été consignées dans un document de travail qui a permis d'acter la collaboration (Lyet, 2011). Cette trace écrite a ensuite été traduite avec l'aide d'une équipe de chercheurs³ en lien direct avec le monde de l'entreprise, dans un langage correspondant aux codes « habituels » d'un cahier des charges⁴. Une entreprise experte en innovation numérique a alors été sollicitée pour imaginer une solution numérique respectant ce cahier des charges et a proposé une simulation avec réalités superposées (réalité virtuelle et augmentée). Livré en mars 2020, le prototype de réalité superposée sera testé en conditions réelles et permettra d'interroger le nouveau pouvoir d'action des enseignants, ainsi que les nouvelles activités de modélisation des élèves.

CONCLUSION-PERSPECTIVE

Notre méthodologie a permis d'explicitier les caractéristiques d'une ressource numérique pour l'enseignement et l'étude des mouvements de la Terre. Sur un principe de symétrie des positions, praticiens et chercheurs ont pu confronter des savoirs issus de l'expérience et de la recherche. À travers les espaces de discussion et en prenant appui sur des documents partagés comme outils de collaboration, un rapport de confiance et de complémentarité a pu s'établir entre chacun des acteurs qui ont ainsi pu accéder à des informations manquantes. Nous retrouvons donc dans cette recherche, les caractéristiques d'une recherche collaborative (Desgagné & Bednarz, 2005). La suite sera construite selon les étapes de la DBR et devrait permettre l'amélioration du dispositif après une phase de tests en situation réelle.

Cette recherche nous laisse penser qu'au-delà de l'exemple présenté ici, les recherches collaboratives de type BDR pourraient être une piste possible pour palier les difficultés des enseignants à intégrer efficacement les technologies numériques dans leur enseignement (Bybee et al., 2006) et ainsi, à mieux assurer la mission essentielle de l'école de préparer les jeunes au monde de demain, façonné par le numérique.

2 DANE : délégation académique pour le numérique éducatif

3 Chercheurs du pôle ERgonomie et CONception des Systèmes (ERCOS) du laboratoire ELLIADD

4 Bertrand de la Bretesche. La méthode APTE – Analyse de la valeur. Analyse fonctionnelle. Editions Pétrelle. 239 p. 2000.

BIBLIOGRAPHIE

- Bécu-Robinault K. (2004). Raisonnements des élèves et sciences physiques. In E., Gentaz & P. Dessus (Eds), *Comprendre les apprentissages, sciences cognitives et éducation*, Paris : Dunod, 117-132.
- Boivin-Delpieu, G. (2015). *Conditions d'avancée des savoirs et déterminants de l'action professorale : étude de cas sur l'enseignement des phases de la Lune au cycle 3*. Thèse de doctorat. Université Lyon1.
- Burkhardt, H. & Schoenfeld, A., H. (2003). Improving educational research: Toward a more useful, more influential, and better-funded enterprise. *Educational Researcher*, 32(9), 3-14.
- Bybee, R. & Fuchs, B. (2006). Preparing the 21st Century Workforce: A New Reform in Science and Technology Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (4): 349-52.
- Desgagné, S. & Larouche, H. (2010). Quand la collaboration de recherche sert la légitimation d'un avoir d'expérience. *Recherches en éducation, Hors série 1*, 7-18.
- Desgagné, S. & Bednarz, N. (2005). Médiation entre recherche et pratique en éducation : faire de la recherche « avec » plutôt que « sur » les praticiens. *Revue des sciences de l'éducation*, 31 (2), 245–258.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based-research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Didactique pour enseigner* (2019). Presses universitaires de Rennes. ISBN 978-2-7535-7752-7
- Droui, M. & eL Hajjami, A. (2014). Simulations informatiques en enseignement des sciences : apports et limites. *EpiNet*, 164 p.
- Goigoux, R. (2017). Associer chercheurs et praticiens à la conception d'outils didactiques. *Éducation et didactique*, 11(13), 135-142.
- Kikas, E. (2006). The effect of verbal and visuo-spatial abilities on the development of knowledge of the Earth. *Research in Science - Education*, 36, 269–283
- Lyet, P. (2011). Traduction, transaction sociale et tiers intermédiaire dans le processus de collaboration de chercheurs et de praticiens dans le cadre de recherches-actions. *Pensée plurielle*, 3 (28), 49-67.
- Roy, P. & Hasni, A. (2014). Les modèles et la modélisation vus par des enseignants de sciences et technologies du secondaire au Québec. *McGill Journal of Education*, 492, 349–371.
- Sensevy, G., Mercier, A. & Schubauer-Leoni, M-L. (2000). Vers un modèle de l'action didactique du professeur. A propos de la Course à 20. *Recherches en Didactique des mathématiques*, 20(3), 263-304.
- Sensevy, G. (2011). *Le sens du savoir, éléments pour une théorie de l'action conjointe en didactique*. De Boeck.
- Tiberghien, A. (2017). Modélisation des savoirs dans la classe en didactique de la physique. *Recherche en éducation*, 29, 72-88
- Walliser (1977). *Système et modèles*. Paris : Le Seuil.
- Couture, C. (2005). Repenser l'apprentissage et l'enseignement des sciences à l'école primaire une coconstruction entre chercheurs et praticiens. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(2), 317-333

QUAND LA FONCTION SOCIALE D'UN OBJET DU QUOTIDIEN DONNE À VOIR UN PHÉNOMÈNE DIDACTIQUE SIGNIFICATIF : L'EXEMPLE DE L'HALTÈRE

Séverine Perron¹, Laurence Marty¹, Florence Ligozat^{1,2}, Christine Riat³

1 : Université de Genève (UNIGE)

2 : GREDIC, FPSE, Université de Genève (Groupe de recherche en didactique comparée)

3 : Haute Ecole Pédagogique HEP-BEJUNE, Suisse & SR-DIC, Université de Genève, Suisse

Résumé : Cette contribution s'intéresse aux modalités d'entrée dans la culture scientifique des jeunes élèves. De nombreux travaux ont montré que la découverte du monde scientifique à l'école pose des problèmes « d'entrée en matière ». Il s'agit, pour les élèves, de changer de point de vue sur les objets du quotidien, à travers un processus d'enquête qui engage des nouvelles manières de faire et de dire, et voit notamment l'émergence de formes de justifications. Nous nous intéressons ici aux conditions pour qu'un objet du quotidien favorise la construction du concept de masse par de jeunes élèves. Cette étude s'appuie sur un processus d'ingénierie de développement, mené en collaboration avec des enseignantes du Cycle 1 (4-8 ans) en Suisse romande. Nous menons l'analyse des pratiques d'enseignement et d'apprentissage en prenant pour unité l'action didactique, comme une action conjointe enseignant-élèves. Les résultats mettent en évidence l'importance d'une posture d'accompagnement comme stratégie didactique pour permettre aux élèves de reconstruire un objet du quotidien en un objet d'investigation scientifique scolaire. Dans cette transition, l'observation des rapports de significations des élèves aux objets d'un milieu permet aussi de comprendre les nécessités épistémologiques des situations proposées afin de les faire évoluer.

Mots-clés : pratiques d'enseignement, action conjointe, culture scientifique, jeunes élèves, objets quotidiens.

WHEN THE SOCIAL FUNCTION OF AN EVERYDAY OBJECT HIGHLIGHTS A SIGNIFICANT DIDACTIC PHENOMENON: THE EXAMPLE OF THE DUMBBELL

Abstract : This contribution focuses on the modalities of entry into the scientific culture of young students. Many studies have shown that the discovery of the scientific world at school poses «entry-level» problems. It is for students to change their point of view on everyday objects, through a process of inquiry that involves new ways of doing and saying, and sees the emergence of forms of justification. We are interested here in the conditions for an everyday object to favor the construction of the mass concept by young students. This study is based on a development engineering process conducted in collaboration with Cycle 1 (4-8 year old) teachers in western Switzerland. We conduct the analysis of teaching and learning practices by taking as a unit the didactic action, as a joint action teacher-students. The results highlight the importance of an accompanying posture as a didactic strategy to enable students to reconstruct an everyday object into an object of scholarly scientific investigation. In this transition, the observation of the meanings of the students to the objects of a milieu also makes it possible to understand the epistemological needs of the situations proposed in order to make them evolve.

Keywords : teaching practices, joint action, science culture, young pupil, everyday objects

PROBLÉMATIQUE : UNE INGÉNIERIE DE DÉVELOPPEMENT POUR FAVORISER LA CONSTRUCTION DE LA GRANDEUR « MASSE » PAR DE JEUNES ÉLÈVES

En Suisse Romande, les analyses de pratiques ordinaires réalisées dans les premiers degrés de la scolarité montrent que les enseignements scientifiques sont souvent dominés par le domaine de l'étude du vivant, à travers l'utilisation d'albums documentaires exploitant la proximité et la sensibilité affective des élèves avec des animaux et des végétaux dans leur vie quotidienne. Les textes curriculaires en vigueur (Plan d'études romand, 2011) soulignent l'importance de travailler la comparaison perceptive et/ou instrumentée de différentes grandeurs physiques (longueur, durée, capacité, masse, etc.) à l'articulation disciplinaire des mathématiques et des sciences de la nature. Dans les pratiques déclarées des enseignants, on trouve peu de traces de cette articulation, ce qui met en lumière les difficultés des enseignants à s'emparer de ces enjeux. C'est notamment sur ce constat que le projet de recherche « Entrée dans la Culture Scientifique à l'École : raisonnement scientifique et construction coopérative de ressources pour l'enseignement au cycle 1 Harmos » (ECSE) a été développé¹. Ce projet cherche notamment à élaborer des savoirs didactiques sur les modalités d'entrée dans la culture scientifique avec de jeunes élèves, en lien avec la structuration d'un milieu favorable à la construction d'une problématisation scientifique.

Dans le cadre de ce projet, la décision a donc été prise de développer une ressource pour l'enseignement dédiée à la construction de la grandeur « masse », puis de la proposer à quelques enseignantes de l'école enfantine² qui ont pour mission de l'adapter à leurs contraintes et de l'implanter dans leurs classes. La séquence proposée développe plusieurs enjeux comme l'introduction de la relation « plus lourd que »/ « plus léger que » ou l'utilisation d'instruments de pesée (balance à plateaux, pesons), motivée par l'insuffisance de la soupesée manuelle. La séquence a été créée pour fonctionner sur un mode ingénierique (au sens de Artigue, 2002), c'est-à-dire qu'elle repose sur des hypothèses d'apprentissage et qu'elle vise la mise en évidence de phénomènes didactiques significatifs, qui constituent des moteurs pour revisiter et améliorer les situations d'enseignement propres à ces enjeux de savoir. Nous nous situons toutefois dans un mode collaboratif, qui engage des analyses et des transformations opérées par les enseignants, afin d'étudier les nécessités de la pratique au regard des options épistémologiques possibles. C'est l'un de ces phénomènes didactiques, apparu au sein de l'observation de la mise en œuvre de la séquence par une enseignante, que nous proposons de développer ici : il concerne un critère que se donne un élève pour déterminer si un objet est lourd ou léger (« un objet est léger si j'arrive à le soulever ») et qui le conduit à considérer qu'un haltère ou une boule de pétanque peuvent être « légers », en rupture avec les attentes de l'enseignante. Nous montrerons en quoi l'irruption de ce critère, non attendu aussi bien de la part de l'enseignante que des chercheurs, permet de remettre en perspective les objectifs de la première activité telle qu'elle était initialement prévue (introduire le vocabulaire « lourd » et « léger » à travers le

1 Ce projet de recherche comprend deux « pôles » : un « pôle Fribourg », mené par Corinne Marlot et Patrick Roy qui s'intéressent à la thématique du vivant, abordée à travers la fonction de croissance partagée par les animaux et les végétaux ; et un « pôle Bèze », mené par Florence Ligozat et Christine Riat, qui travaillent sur la construction des grandeurs physiques, à commencer par la notion de masse, à travers la relation « lourd »/ « léger » appréhendée par soupesée ou à l'aide d'une balance à plateaux. Ce projet est soutenu par le Centre de compétence romand de didactique disciplinaire.

2 Equivalent de la Moyenne et Grande Section de maternelle en France (élèves de 4-6 ans).

classement en deux catégories : les objets « lourds » et les objets « légers ») et de développer des pistes pour faire évoluer ces objectifs.

LE CADRE DE RÉFÉRENCE : L'ENTRÉE DANS LA CULTURE SCIENTIFIQUE ET

L'ÉTUDE DES PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE

L'entrée dans la culture scientifique des jeunes élèves peut s'envisager comme un apprentissage dans l'usage, de manières d'agir - de parler, lire, écrire et penser - constituant ainsi une communauté de pratiques, dont la dimension discursive a été soulignée dans les travaux de Jaubert et Rebière (2000) et de Bernié (2002), en relation avec les processus de disciplinarisation qui se jouent au fil de la scolarité. Ainsi, nous pensons qu'entrer dans la culture scientifique au Cycle 1, correspond à l'appropriation d'un ensemble de pratiques visant à comprendre le fonctionnement du monde, pour déployer, à la fois au plan individuel et au plan collectif, ses propres actions dans ce monde. Cet ensemble de pratiques repose sur des manipulations d'objets matériels, symboliques et langagiers qui s'organisent selon une grammaire propre à l'enquête scientifique (Cordeiro *et al.*, 2013). Une particularité des séances de classe à l'école maternelle en relation avec le monde scientifique est leur centration sur des objets faisant partie de l'environnement familier des élèves. La découverte du monde scientifique à l'école pose des problèmes « d'entrée en matière » ; il faut y aménager le franchissement de « frontières » relativement floues et mobiles (surtout à l'école maternelle) notamment celle qui sépare le scolaire du non scolaire (Bisault & Rebiffé, 2011). Il s'agit pour les élèves de (re) construire les objets du quotidien en « objets discursifs », résultat d'un processus de « secondarisation » (Bernié, 2002). Nous nous intéressons ici aux objets matériels introduits par les enseignants dans le milieu didactique pour favoriser l'apprentissage d'un concept scientifique.

Par ailleurs, nous appréhendons les pratiques d'enseignement-apprentissage comme relevant du processus de transposition institutionnelle des savoirs. Nous prenons pour unité d'analyse l'action didactique, considérée comme conjointe entre un enseignant et ses élèves (Schubauer-Leoni & Leutenegger, 2005 ; Sensevy & Mercier, 2007). Dans ce cadre, la construction de la référence, c'est-à-dire des significations partagées entre le professeur et les élèves, résulte de l'établissement de rapports de connaissance aux objets d'un milieu (une mésogénèse, au sens de Chevallard, 1992), en fonction des systèmes d'attentes que les participants identifient dans la situation et qui forme le contrat didactique. L'action didactique conjointe est caractérisée par deux registres épistémologiques : 1) celui de l'élève, qui, pour chaque nouvelle situation, agit dans le milieu à travers tout ce qui peut être manipulé, observé ou verbalisé, en tenant compte des possibilités qui s'offrent à lui, des nécessités posées par l'enseignant mais aussi de ses expériences passées ; 2) celui de l'enseignant, qui agit également dans ce milieu, en tenant compte des rapports produits par les élèves et des enjeux de savoir à venir, qu'il est le seul à connaître à l'avance. Ainsi, nous considérons que les objets d'un milieu ne trouvent leur sens que dans un contrat et le partage du sens de ces objets relève d'ajustements dans l'action qui peuvent être décrits en termes de processus topogénétiques et chronogénétiques.

MÉTHODE DE RECHERCHE : L'ANALYSE DES PRATIQUES EFFECTIVES

En nous appuyant sur notre cadre de référence, nous réalisons une analyse des pratiques effectives. Nous considérons ces dernières comme une reconstruction par le chercheur des pratiques observées. Les données sont recueillies à partir d'un enregistrement vidéo d'une séance

de classe, réalisé avec une enseignante et ses élèves âgés d'environ 4 ans (1-2H en Suisse romande). Cette séance est la première d'une séquence ayant pour objectif la construction du concept de masse. Plus précisément, l'objet de cette communication porte sur l'analyse de l'activité intitulée « classer quelques objets sous deux catégories : les objets « lourds » et les objets « légers » ». Cette activité se réalise par binômes d'élèves sous le regard de l'enseignante

Par ailleurs, de façon à accéder au processus d'ajustement et à l'articulation contrat-milieu qui lui est associée, nous effectuons une analyse à différents niveaux de granularité. Les échelles macroscopique et mésoscopique permettent une analyse de la situation en termes de contrat-milieu. Elle nous permet ainsi de repérer un objet particulier et de situer cet objet au sein d'une séance et, plus largement, au sein d'une séquence d'enseignement. L'analyse à l'échelle microscopique qui est de l'ordre de l'épisode (une à plusieurs minutes), se situe à l'échelle des actions, discours et gestes des enseignants et des élèves. Ce grain très fin, au travers du triplet des génèses, nous permet de saisir les ajustements opérés par l'enseignante. De plus, l'analyse topogénétique des actions didactiques sur les plans langagiers, gestuels et matériels, nous permet de comprendre l'impact de l'introduction dans le milieu d'un objet du quotidien sur la construction par les élèves d'un concept en sciences. Pour décrire les configurations topogénétiques de l'enseignante, nous appuyons notre analyse sur 5 formes de technique qui interviennent sur les positions des participants vis-à-vis du savoir : 1) se placer en retrait (lorsque l'enseignant laisse le milieu orienter seul les significations produites par les élèves et que ceux-ci travaillent sans son intervention) ; 2) faire preuve de postulation mimétique (lorsqu'il fait semblant de ne pas savoir davantage que les élèves) ; 3) se mettre en position d'accompagnement (lorsqu'il participe à la reformulation des significations introduites par les élèves) ; 4) utiliser une coalition (lorsqu'il organise la mise en débat des différentes significations émergentes) ; 5) se mettre en surplomb (lorsqu'il statue sur la pertinence ou la non-pertinence des significations de la mésogénèse) (Ligozat & Leutenegger, 2008 ; Ligozat, 2015 ; Riat, 2017).

QUELQUES RÉSULTATS : L'EXEMPLE DE L'HALTÈRE

ANALYSES MACROSCOPIQUE ET MÉSCOPIQUE

Cette séquence vise à étudier le concept de masse (enjeu N+1). Cet enjeu global peut être décomposé en trois sous-enjeux de niveau N (tableau 1).

Enjeu de la séquence (N+1) Etude du concept de masse	Enjeux N	
	Classer des objets suivants 2 catégories : objets « lourds » et objets « légers » (55') N1	
	Comparer le poids de paires d'objets : A est plus lourd que B et B est plus léger que A (1h40) N2	
	Insuffisance de la soupesée et utilisation d'une balance à plateaux (2h) N3	

Tableau 1. : synopsis de la séquence.

Nous nous intéressons ici tout particulièrement, à l'enjeu N1 qui correspond à la partie grisée du tableau ci-dessus, c'est-à-dire au classement d'objets suivant la dichotomie lourd/léger.

Enjeu de niveau N	Enjeux de niveau N-1	Phases d'action <i>Institutionnalisation</i> Organisation sociale-Empan temporel
Classer des objets suivants 2 catégories : objets « lourds » et objets « légers » (55') N1	Introduction des termes « lourd » et « léger » (10') N11	Rituel du bonjour en se faisant passer une balle en mousse puis une boule de pétanque : manipulation. Collectif (13'-14') N11a
		Premier moment de verbalisations Collectif (14'-19') N11b
		Soupesée des deux objets Collectif (19'-21') N11c
		Deuxième moment de verbalisation <i>Objet lourd et objet léger</i> Collectif (21'-23') N11d
	Classification des objets en deux catégories « les objets lourds » et les objets « légers » (27') N12	Consigne : placer tous les objets légers dans le cerceau bleu et tous les objets lourds dans le cerceau rouge. Binôme (24'-25') N12a
		Explicitation verbale et gestuelle de la consigne par les élèves Binôme (25'-26') N12b
		Manipulation des objets Binôme (26'-27') N12c
		Vérification et troisième moment de verbalisation <i>Réinvestissement des termes lourd/léger</i> Binôme (27'-31') N12d
	Explicitation des stratégies pour réaliser le classement (18') N13	Reformulation de la consigne et résultats de la classification Collectif (54'-55') N13a
		Quatrième moment de verbalisation <i>Sensations physiques qui permettent d'identifier le lourd/léger</i> <i>Comparaison entre 2 objets</i> Collectif (55'-64') N13b
		Soupesée de la balle en mousse et de la boule de pétanque Cinquième moment de verbalisation <i>Sensation sur la main du lourd/léger (les objets lourds appuient)</i> Collectif (64'-72') N13c

Tableau 2. : synopsis de l'enjeu N1.

Les analyses didactiques aux niveaux macroscopique et mésoscopique, nous ont permis de repérer un évènement dans lequel un objet à classer va jouer un rôle particulier : il s'agit d'un haltère, un objet du quotidien dont la fonction sociale est liée à sa masse et dont le traitement par un élève (M) va se révéler en rupture avec les attentes de l'enseignante (Ens). Cet évènement est présent au tout début de la séquence, lors de l'enjeu de niveau N12 pour le binôme M/A. Nous précisons que, dans le tableau ci-dessus, seuls les temps pour le binôme d'élèves M/A sont inscrits pour les différentes phases d'action de N12 (tableau 2).

ANALYSE MICROSCOPIQUE

L'extrait qui nous intéresse ici correspond à l'enjeu de niveau N12. Alors que pour tous les binômes d'élèves cet enjeu est composé de quatre phases d'action, pour le binôme M/A, il est constitué de six phases. Il s'agit de l'activité décrite plus haut « classer quelques objets sous deux catégories : les objets "lourds" et les objets "légers" » réalisée ici par deux élèves M et A guidés par leur enseignante. Sous le regard attentif des deux élèves (M et A) assis sur un banc, l'enseignante sort, un à un, une vingtaine d'objets du quotidien d'une caisse (boule de pétanque, bouteille d'eau, éponge, etc.) et les place sur le sol entre deux cerceaux, un rouge et un

bleu. Lorsqu'elle introduit l'haltère, M verbalise un rapport qu'il entretient à cet objet, adoptant ainsi une posture topogénétique initiatrice. Il explique notamment, qu'il s'agit d'un objet pour faire du sport et que c'est très lourd (première phase d'action supplémentaire introduite par l'élève). En effet, l'haltère est un objet du quotidien dont la fonction est liée à sa masse. Lorsque M aperçoit cet objet, il évoque les liens entre l'objet, sa masse et sa fonction dans les activités du quotidien (extrait du verbatim ci-dessous).

M : c'est pour faire du sport. C'est lourd et plus c'est lourd et plus tu dois essayer de le soulever

Ens : d'accord

M : mais moi je trouve que c'est trop facile. Il est léger comme une plume.

(Extrait du verbatim)

Ensuite, l'enseignante se positionne à côté des élèves et leur donne la consigne de l'activité : « je vous explique. J'ai préparé un cerceau bleu, un cerceau rouge. Dans le cerceau bleu, vous allez me mettre tout ce qui est léger. Dans le cerceau rouge, vous allez me placer tout ce qui est lourd » (extrait de la transcription).

Cependant, le rapport que M entretient avec l'haltère devient central. M semble en tension entre deux règles : 1) la consigne donnée par l'enseignante (de placer des objets dans les deux cerceaux) et 2) le rapport à l'haltère de M. En effet, M place dans le cerceau bleu (qualifiant ainsi les objets légers), l'haltère (en premier), les objets dont la masse est proche de l'haltère (bouteille d'eau pleine, boule de pétanque, etc.) et les objets plutôt très légers (éponge, balle en mousse, etc.). Il met dans le cerceau rouge, les objets ni très légers ni très lourds (paquet de sel, pack de petites bougies, etc.). De plus, lorsque M attrape la boule de pétanque, il se dirige en premier lieu vers le cerceau rouge (objets lourds), puis juste avant de la poser, il change de direction pour la déposer dans le cerceau bleu (objets légers) aux côtés de l'haltère. Pourtant, dans un premier temps, lorsque l'enseignante a donné la consigne, M a témoigné d'un rapport aux objets « lourds » et « légers » conforme aux attentes de l'enseignante dans cette situation. Ens : vous allez faire quoi ? Est-ce que vous pouvez me répéter la consigne ?

M : ba si on prend ça on trouve qu'il est lourd, on le pose là. (M déplace le paquet de petites bougies vers le cerceau rouge)

Ens : et puis le léger ?

M : on prend ça c'est super léger, on le pose là. (M déplace l'éponge dans le cerceau bleu)

(Extrait du verbatim)

Mais par la suite, le rapport de M à l'haltère comme un objet « léger », l'amène à qualifier la boule de pétanque et la bouteille d'eau, d'objets « légers » aussi. Du point de vue de l'enseignante qui observe, il y a un décalage entre le classement des objets par M et ce qu'elle attend (rupture de contrat), qui va donner lieu à une régulation. Cette nouvelle articulation contrat-milieu provoque un « ralentissement » chronogénétique. Du point de vue de l'enseignante, il s'est créé une parenthèse dans la séance où la construction du savoir sur les masses s'est arrêtée.

Lorsque l'enseignante reprend la main sur l'activité, elle met en œuvre trois stratégies pour que M réalise l'activité suivant la consigne (deuxième phase d'action supplémentaire introduite par l'enseignante). D'une part, elle n'adopte jamais une posture surplombante, c'est-à-dire que sans jamais indiquer dans quel cerceau les objets devraient être rangés selon elle, elle va amener M à reconsidérer son rapport qu'il perçoit comme « légers ». Elle va, dans un premier temps, faire manipuler les objets deux à deux (soupeser une bouteille d'eau pleine et une balle en

mousse) et faire désigner par M ce qui est plus lourd et ce qui est plus léger. Devant l'échec de cette première tentative, l'enseignante s'appuie sur le jugement d'une deuxième élève, A, qui exprime spontanément que la bouteille est lourde et que la balle est légère. La dernière stratégie utilisée par l'enseignante (tableau 3) consiste à faire appel à la mémoire d'une comparaison réalisée précédemment dans le collectif (les objets placés dans les deux mains, les élèves ont dit que la boule de pétanque est lourde et la balle en mousse est légère). Cette technique permet à M de reclasser les différents objets tel qu'attendu par l'enseignante (par exemple, l'haltère et la boule de pétanque sont positionnés dans le cerceau rouge). En effet, en s'appuyant sur la boule de pétanque et la balle en mousse comme objets de référence (stratégie 3), M procède à un reclassement des objets. Il semble que cette technique a permis à M de mettre à distance son rapport à l'haltère comme objet du quotidien, lui donnant ainsi l'occasion de reconstruire cet objet en un objet d'investigation scientifique scolaire. Pour M, la construction du savoir sur les masses a repris.

		Extrait de verbatim
Stratégie (significations partagées)	3	<p>Ens : <i>mais moi je ne veux pas savoir ta force, je sais que tu es fort. Je veux juste que tu me dises entre ces deux objets. C'est pareil alors ? Sauf que tu m'as dit avant, sur les bancs, c'est que cette balle-là elle était légère et que celle-là [boule de pétanque], elle était lourde.</i></p> <p>M : inaudible</p> <p>Ens : <i>mais avant quand on était sur le banc, tu m'as dit que celle-ci elle était lourde. Donc laquelle tu mets dans le bleu et laquelle tu mettrais dans le rouge là ?</i> (M place la boule de pétanque dans le cerceau rouge et la balle en mousse verte dans le cerceau bleu)</p> <p>Ens : <i>OK. Maintenant la bouteille d'eau, Nina elle dit que c'est lourd ?</i> (M place la bouteille d'eau dans le cerceau rouge)</p> <p>Ens : <i>ça ressemble plus à cette balle ou plus à la verte ?</i></p> <p>M : <i>plus à cette balle</i> (M désigne avec son doigt la boule de pétanque)</p>

Tableau 3. : stratégie didactique 3 employée par l'enseignante

À partir de cet épisode, nous montrons que les ajustements sur la signification des objets présents dans le milieu permettent à un jeune élève de mettre à distance son rapport à un objet du quotidien (dont la fonction sociale est liée au concept scientifique étudié, ici la masse), pour entrer dans une technique de comparaison des objets deux à deux. La posture topogénétique d'accompagnement adoptée par l'enseignante permet à l'élève de construire un nouveau rapport à l'objet « lourd » comme ce qui est « plus lourd que » et non plus (seulement) comme « ce que je peux soulever ». La négociation du sens du mot « lourd » dans le milieu se fait par l'introduction d'une technique qui apparaît d'abord dans le registre du faire au moment du collectif (mettre un objet dans chaque main) et s'accompagne d'une réactualisation du discours produit à propos du faire (« quand on était sur les bancs, tu m'as dit que la boule pétanque était lourde »).

Cependant, l'introduction d'un haltère par l'enseignante dans le milieu et les rapports personnels que les élèves ont à cet objet, ont mis en évidence une nécessité épistémologique propre à la comparaison des grandeurs, qui est de disposer d'une grandeur de référence pour pouvoir qualifier d'autres grandeurs. Dans cette première étape de la séquence, cette nécessité n'est pas modélisée par la situation proposée, laissant ouvert le choix de la référence du point de vue des élèves. Ce résultat doit maintenant être pris en compte dans le développement ultérieur de la séquence en permettant, notamment aux élèves, de rendre explicite la nécessité de référence dans la construction du concept de masse.

BIBLIOGRAPHIE

- Artigue, M. (2002). Ingénierie didactique : Quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? *Revue Internationale des Sciences de l'Éducation*, **8**, 59–72.
- Bernié, J. P. (2002). L'approche des pratiques langagières scolaires à travers la notion de « communauté discursive » : un apport à la didactique comparée ? *Revue française de pédagogie*, 77-88.
- Bisault, J. & Rebiffé, C. (2011). Découverte du monde et interactions langagières à l'école maternelle : construire ensemble un objet d'investigation scientifique. *Carrefours de l'éducation*, **3** (HS1), 13-28.
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **12**(1), 73-112.
- Jaubert, M., & Rebière, M. (2000). Observer l'activité langagière des élèves en sciences. *Aster*, **31**.
- Ligozat, F. (2015) L'analyse didactique des pratiques de classe : outils et démarches d'identification des logiques d'action enseignantes en mathématiques. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, **18**, 17-37.
- Ligozat, F. & Leutenegger, F. (2008). Construction de la référence et milieux différentiels dans l'action conjointe du professeur et des élèves. Le cas d'un problème d'agrandissement de distances. *Recherches en didactique des mathématiques*, **28**(3), 319-378.
- Riat, C. (2017). *L'action conjointe enseignant-élèves au début des pratiques scolaires : entre prescriptions, ingéniosité didactique et apprentissages. Étude comparée en Langue 1 et Mathématiques*. Thèse de doctorat. Université de Genève.
- Schubauer-Leoni, M.L., Bocchi, P.C., Fluckiger, A., Koudogbo Adhiou, J., Leutenegger, F., Ligozat, F., Saada-Robert, M. & Thévenaz-Christen, T. (2007). Mathématiques et lecture. In G. Sensevy (Éd.), *Contextes sociaux des apprentissages. Caractérisation des pratiques d'enseignement et détermination de leur efficacité : la lecture et les mathématiques au (première primaire)* (pp. 247-289). Programme Incitatif de Recherche en Éducation et Formation (PIREF).
- Schubauer-Leoni, M.-L. & Leutenegger, F. (2005). Une relecture des phénomènes transpositifs à la lumière de la didactique comparée. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, **27**(3), 407-429.
- Sensevy, G. & Mercier, A. (2007). *Agir ensemble : Éléments de théorisation de l'action conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

RECONNAÎTRE LES SAVOIRS EN JEUX DANS LES QUESTIONS SOCIALEMENT VIVES LE CAS FRANÇAIS DE L'OBLIGATION VACCINALE

Olivier Morin¹, Baptiste Baylac-Paouly¹

1 : Sciences, Société, Historicité, Éducation et Pratiques (S2HEP)
Université Claude Bernard - Lyon I (UCBL) : EA4148

Résumé : En quoi la dimension controversée des Questions Socialement Vives (QSV) peut-elle participer à la problématisation de savoirs à enseigner ? La démarche d'enquête déployée autour de la scolarisation de controverses socioscientifiques conduit à articuler des investigations propres à l'enseignement des sciences expérimentales avec des mises en contextes- et en perspectives- multiréférentielles. Les savoirs en jeu sont mobilisés dans des argumentations à pondérer, ce sont des savoirs situés dont la reconnaissance est nécessaire pour éclairer les débats. Dans cette communication, nous analysons comment de telles identifications ont été problématisées lorsque des enseignants de Sciences de la Vie et de la Terre en France - pays ayant l'un des plus forts taux mondial d'hésitation vaccinale sont confrontés à la QSV de l'obligation vaccinale un an après la décision gouvernementale de l'élargir à onze maladies.

Mots-clés : Question Socialement Vive, investigation, problématisation

RECOGNIZING INVOLVED KNOWLEDGE WITHIN SOCIALLY ACUTE QUESTIONS THE FRENCH SITUATION OF VACCINE OBLIGATION

Abstract : In what way can the controversial dimension of Socially Acute Questions (SAQ) be part of the problematization of knowledge to be taught ? The inquiry process which takes place when socioscientific controversies are implemented within classroom leads to the articulation of investigations specific to experimental science's teaching with multireferential contextualizations of knowledge. The knowledge at stake are used within argumentations that must be qualified. They must be considered as situated, and identified to enlight the debates. In this communication, we'll analyze how such identifications have been called into questions when biology-geology teachers in France – where the rate of vaccinal hesitancy is one of the highest in the world – addressed the SAQ of vaccinal obligation one year after the government had decided to widen it to eleven diseases.

Keywords : Socially Acute Questions, Investigation, Problematization

CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Les travaux de recherche en didactique des Questions Socialement Vives (QSV) ont conduit à formaliser une démarche dite SSIBL (SocioScientific Inquiry Based Learning, Levinson, 2018) dont une spécificité est la récursivité de l'activité de problématisation. Les QSV étant des situations/problèmes complexes qui ne mobilisent pas seulement les savoirs scientifiques, il ne s'agit pas de promouvoir une solution, unique et universelle, au moyen de procédures éprouvées, mais plutôt d'envisager une issue à une situation dont les multiples facettes ne sont pas clairement catégorisées et restent parfois à clarifier.

En France, janvier 2018 a été marqué par l'extension de l'obligation vaccinale de 3 vaccins (diphthérie, tétanos, poliomyélite) à 8 vaccins supplémentaires (coqueluche, hépatite B, rougeole, oreillons, rubéole, Haemophilus Influenzae, pneumocoque, méningocoque C). Comme beaucoup d'autres à propos des vaccins (Blume, 2017), cette décision a très rapidement fait débat.

Le corpus analysé a été recueilli pendant la formation de professeurs de SVT à l'Université Claude Bernard, dans l'unité d'enseignement intitulé XXXXXXXX du Master 2 MEEF (Métier de l'Education, l'Enseignement et la Formation). L'étude que nous proposons ici s'inscrit dans le projet CEHVAC (Controverses, Enseignements et Histoire de la Vaccination) du laboratoire S2HEP dont la finalité n'est pas de promouvoir la vaccination à travers l'enseignement, mais de construire la problématisation scolaire de cette QSV en saisissant la complexité des argumentations socioscientifiques.

QUESTION DE RECHERCHE ET RECUEIL DU CORPUS

En quoi la dimension controversée des Questions Socialement Vives peut-elle participer à la problématisation de savoirs enseignés ? Dans la démarche d'enquête (Simonneaux, 2019) qui a été mise en œuvre, les dix-huit participants ont eu pour objectif de clarifier quelles peuvent être les contributions de leur discipline en termes de contenus et de démarches à la prise en charge de cette QSV. Plutôt que de multiplier les objets d'études, nous leur avons demandé de limiter leurs investigations à deux vaccins particulièrement controversés en France : celui contre l'hépatite B - devenu obligatoire en 2018 - dont la campagne de 1994 a soulevé des interrogations sur le lien entre le vaccin et des maladies neurologiques comme la sclérose en plaques, et celui – encore seulement recommandé - contre des souches de Papillomavirus humains responsables de cancers du col de l'utérus pour lequel des doutes sur l'efficacité ont été émis.

Nous avons recueilli les savoirs que les participants ont identifiés comme pertinents pour rendre compte de la complexité, des controverses et des incertitudes, en trois temps. Tout d'abord, nous leur avons demandé de répondre à trois questions : que savez-vous de l'obligation vaccinale ? Que pensez-vous de l'obligation vaccinale ? En tant qu'enseignants de SVT, êtes-vous à l'aise avec l'obligation vaccinale ? Ensuite, nous les avons engagés dans la production de ressources pour la conception de séquences d'enseignement de SVT en s'inspirant de la méthode des « îlots de rationalités » (Fourez, 2002 ; Morin, 2019). Pour cela, ils ont ensemble réalisé une cartographie de leurs représentations des controverses, identifié les acteurs et experts à interroger, mené les entretiens, les ont transcrits et complétés par des recherches documentaires. Dans un troisième temps, les participants ont sélectionné les éléments qu'ils ont estimé être des clés de compréhension pour produire une synthèse destinée à rendre compte des savoirs

en jeux et de leur mobilisation dans les jeux d'acteurs et d'arguments¹.

MÉTHODE D'ANALYSE

Notre approche est qualitative : parmi les savoirs en jeux dans les controverses ouvertes par la QSV, nous identifions ceux auxquels les participants accordent de l'attention et de l'importance, et nous suivons l'évolution de cette reconnaissance au cours des différentes phases de la démarche (les savoirs sont-ils approfondis, rectifiés, écartés, mis en relation avec d'autres, ajoutés, reconsidérés, etc. ?). En opérant nous mêmes en tant que chercheurs le choix des savoirs à retenir pour l'analyse dans l'ensemble des savoirs mobilisés au cours de la démarche, nous risquerions de projeter notre propre subjectivité sur le corpus. Afin de limiter ce biais au maximum, nous avons informé les participants dès le début de la démarche que leur production serait publiée sur Internet - au moins à destination d'une communauté d'enseignants de SVT - et nous retenons dans nos analyses seulement les savoirs que les participants ont choisi de rendre publics (donc, les savoirs qu'ils estiment importants) dans une production dont la structure et les éléments constitutifs ont fait l'objet de délibérations (donc des savoirs dont la pertinence dans le contexte a été discutée). Nous recherchons la (les) mobilisation(s) de ces savoirs dans les trois productions recueillies au cours de la démarche (les réponses individuelles aux trois questions initiales, la cartographie collective de représentation des jeux d'acteurs et d'arguments, la ressource produite en synthèse finale). Nous examinons dans quelle mesure ces mobilisations de savoirs traduisent un positionnement entre d'une part, une tendance à confiner les controverses sciences/sociétés en les limitant à leurs dimensions scientifiques (le deficit model (Wynne, 1996), considérant que la connaissance scientifique s'oppose aux croyances irrationnelles d'un public qui doit être éduqué) et d'autre part, une tendance à contextualiser des savoirs scientifiques « qui prennent sens et qui sont jugés nécessaires à l'appréhension des termes d'un débat de société » (Girault & Molinatti, 2011, p 161).

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Nous observons que la séquence inspirée de la démarche des îlots de rationalité a donné lieu à de nombreux va-et-vient entre des phases de focalisations sur des savoirs (stabilisés ou controversés) et des phases d'élargissements des explorations aux divers champs de controverses en tissant des liens entre eux. Ces aller-retours ont, en particulier, permis de pondérer les discours et de délimiter les domaines de validité des argumentations. Les analyses que nous rapporterons dans cette communication porteront toutefois moins sur cet aspect que sur l'identification des savoirs dont la QSV peut favoriser l'appropriation.

ORGANISATION DE SAVOIRS SITUÉS

Par leur nature, les controverses socioscientifiques ont conduit les participants à appréhender les savoirs en jeux via un double processus d'identification et d'examen d'arguments contradictoires d'une part, de reconnaissance des spécificités et des complémentarités des différents domaines de désaccords d'autre part. Il est remarquable que la synthèse finale soit organisée par la structure dégagée de la cartographie de représentation des controverses, réalisée dès le début de la démarche (cf. Figure 1). Cette structure a permis une organisation des savoirs en jeux, qui

1 Au moment où nous rédigeons cette soumission, la mise en ligne de cette synthèse sur le site de l'Université est en cours de réalisation, elle sera accessible sous le nom « Recto/verso » dans les semaines à venir.

a résisté, aussi bien aux phases de distribution des investigations en sous-groupes qu'aux phases de mises en commun et discussions en grand groupe.

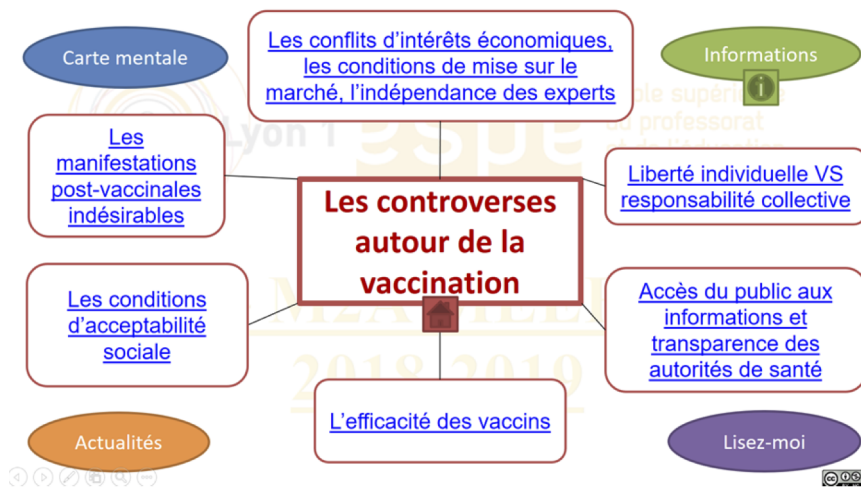


Figure 1 : Domaines d'argumentations organisant les controverses autour de l'obligation vaccinale française

PROBLÉMATISATION DE SAVOIRS SITUÉS

Nous observons au cours de la démarche le passage d'assertions mises en avant (en particulier dans les réponses aux questions initiales) comme des certitudes délivrées par la science², à des savoirs apodictiques, c'est-à-dire dont les conditions de nécessité sont problématisées (par exemple lorsque les limites de l'immunité de groupe sont présentées elles aussi).

« La vaccination est une question socialement vive très complexe et impliquant de nombreux acteurs. Nos choix individuels impactent nos concitoyens. On se vaccine pour se protéger soi mais aussi les autres. Pour le HPV : c'est un nouveau vaccin qui coûte cher. L'Etat et l'industrie ne se sont pas mis d'accord. Le protocole de vaccination a été mis en place durant la polémique antivac, cela explique qu'on ne conseille de faire vacciner que les filles alors qu'une vaccination des garçons est aussi nécessaire. Le jeu e-Bug simule une épidémie avec ou sans vaccination. Il permet de comprendre qu'une couverture vaccinale importante permet de protéger les gens qui ne peuvent pas se vacciner. Il y a également un jeu de débat sur le HPV. » Nathalie Davoust

Dans l'efficacité vaccinale il faut aussi parler des individus qui bénéficient de la couverture vaccinale sans se vacciner mais aussi des limites de cette immunité de groupe.

ANALYSE

Qui bénéficie de l'immunité de groupe ?

Les enfants trop jeunes pour être vaccinés avant qu'ils ne soient eux-mêmes protégés par leur propre vaccination.

Les personnes qui présentent une contre-indication liée par exemple à une maladie qui affecte leur système immunitaire.

Les personnes qui malgré la vaccination ne sont pas protégées. Il peut s'agir de personnes dont le système immunitaire n'a pas répondu à la vaccination ou qui ont perdu au fil du temps la protection vaccinale.

Les enfants ou adultes, qui bien que ciblés par les recommandations vaccinales, non pas été vaccinés, par exemple par choix de leurs parents. Il importe de noter que ces sujets bénéficient de la protection collective conférée par la vaccination des autres enfants sans avoir contribué à bâtir cette protection collective et sans en avoir partagé les contraintes.

[Extrait du dossier pédagogique de santépubliquefrance, vaccination la protection collective](#)

Les limites de l'immunité de groupe

Ce succès ne doit pas faire oublier que l'effet barrière induit par l'immunité de groupe peut être limité dans le temps et dans l'espace.

Dans le temps car il reste des malades dans la population et les personnes non protégées pourront finir un jour ou l'autre par rencontrer un de ces malades et être contaminées. Pour les maladies dont la sévérité augmente avec l'âge, ceci entraîne donc un risque accru de complications.

Dans l'espace car dès que les sujets non vaccinés quittent l'environnement vacciné qui les protège indirectement, ils perdent cette protection. Ces limites illustrent le fait que ces individus non vaccinés n'ont pas une protection qui est due à l'action du système immunitaire mais ont juste un risque moins élevé de rencontrer l'agent pathogène, du fait de vivre dans un environnement comportant une proportion enlevée de sujets vaccinés qui ne peuvent pas transmettre la maladie.

[Extrait du dossier pédagogique de santépubliquefrance, vaccination la protection collective](#)

Ressource pédagogique de simulation d'épidémie :
[Site internet E-Bug](#)
[Jeu débat HPV sur le site http://accs.ens-lyon.fr](#)

Figure 2 : Exemple de mise en page dans la production finale

² Par exemple lorsque l'augmentation nécessaire de la couverture vaccinale est auto-justifiée par des seuils à atteindre.

MISE EN PERSPECTIVE DES SAVOIRS IDENTIFIÉS

Dans la production finale, (cf. figures 2 et 3,) les savoirs sont situés d'une part dans un contexte argumentatif particulier (partie gauche des figures) et d'autre part, via l'éclairage qu'ils apportent à la compréhension d'une diversité de discours.

Les savoirs mobilisés par les participants dans les réponses aux questions de début de démarche (essentiellement mis en avant comme des savoirs fondant une opinion basée sur des faits scientifiques ou comme des manques de savoirs expliquant des malaises vis-à-vis de la QSV), sont à dominante biologique. En outre, ils restent parfois très généraux, par exemple lorsque sont abordés « les » vaccins comme un ensemble homogène sans considérer leur diversité³. Plus tard dans la démarche, les participants ont eu à passer des arguments qu'ils pensaient être avancés par différents acteurs, à ce que les acteurs qu'ils ont rencontrés disent vraiment. Nous observons que cette étape a stimulé des explorations de dimensions sociales et économiques imbriquées avec les savoirs biologiques et que ceci leur apparaît assez important pour figurer dans la contextualisation des savoirs scientifiques de pages de la production finale, telles que celle présentée, par exemple; en figure 3.



Figure 3 : Mise en relation de savoirs biologiques avec des dimensions sociales et économiques dans la synthèse finale

Par référence aux trois heuristiques soulignées par Duplessis (2008), nous discuterons de ces résultats en termes d'intervention, d'élaboration et d'appropriation didactiques. En termes d'intervention didactique, nous aborderons l'intérêt de la phase de cartographie de représentations des controverses pour réduire le risque de se perdre dans des débats où la multitude des objets de discussion peut conduire à passer de l'un à l'autre et à butiner des fragments de savoirs sans ne les mettre ni en perspective ni en cohérence. En termes d'élaboration didactique, nous discuterons du dépassement de la biologisation initiale de la question pouvant être interprétée comme une expression du deficit model (ibid.), et en termes d'appropriation didactique, nous discuterons des modalités processus dialectique de passage de savoirs assertoriques à des approches apodictiques.

3 Le pouvoir de conviction de généralités telles que « se vacciner, c'est protéger les autres » étant alors altéré par des détracteurs soulignant par exemple que le tétanos n'est pas une maladie contagieuse.

BIBLIOGRAPHIE

- Blume, S. (2017). *Immunization How Vaccines Became Controversial*. London: Reaktion books.
- Duplessis, P. (2007). L'objet d'étude des didactiques et leurs trois heuristiques : épistémologique, psychologique et praxéologique. In *GRCDI, Didactique et culture informationnelles : de quoi parlons-nous ?* (pp. 1-22).
- Fourez, G., Maingain, A. & Dufour, B. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. Louvain: De Boeck supérieur.
- Girault, Y. & Molinatti, G. (2011). Comment les musées et centres de sciences s'exposent aux controverses socioscientifiques ? *Hermès, La Revue*, 3(61), 159-166. Récupéré sur <https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2011-3-page-159.htm>
- Levinson, R., Knippels, M., Van Dam, F., Kyza, E., Christodoulou, A., Chang-Rundgren, S. & Zafrani, E. (2017). *Enquêter sur les questions socioscientifiques : rapprocher l'éducation scientifique formelle et non formelle de ses enjeux de société*. Utrecht: PARRISE (Promoting Attainment of Responsible Research and Innovation in Science Education) project.
- Morin, O. (2019). Problématiser et ... re-problématiser les Questions Socialement Vives Environnementales ; vers une démarche d'enquête structurée par la rencontre de rationalités. In J. Simonneaux. *La démarche d'enquête, Une contribution à la didactique des Questions socialement vives*. (pp. 43-64). Dijon: Educagri collection Agora.
- Simonneaux, J. (2019). *La démarche d'enquête. Une contribution à la didactique des Questions Socialement Vives*. Dijon : Educagri éditions collection Agora.
- Vaccine Confidence Project. (s.d.). Récupéré sur <http://www.vaccineconfidence.org/research/the-state-of-vaccine-confidence-2016/>
- Wynne, B. (1996). Misunderstood Misunderstandings: Social Identities and the Public Uptake of Science. In A. Irwin & B. Wynne. *Misunderstanding Science ? The Public Reconstruction of Science and Technology* (pp. 19-46). Cambridge: Cambridge University Press.

REGISTRE EXPLICATIF D'ÉLÈVES DE COLLÈGE À PROPOS DU CONCEPT « FORCE » AVANT ET APRÈS ENSEIGNEMENT AU BÉNIN

Eugène Oke¹, Médard Ahouassa²

1 : Institut de Mathématiques et Sciences Physiques & Faculté des Sciences et Techniques
Univ. d'Abomey-Calavi (IMSP & FAST / UAC)

2 : Institut de Mathématiques et Sciences Physiques / Université d'Abomey-Calavi (IMSP-UAC)

Résumé : Le mot force admet deux domaines de réalité culturelle et institutionnelle. En effet, il est à la fois un mot du quotidien et un concept de la Physique. Nous avons exploré lequel des deux domaines de réalité domine dans le registre explicatif des élèves, avant et après l'enseignement-apprentissage, pour expliquer une situation de vie courante dans laquelle intervient le concept force. Les résultats montrent une diversité de registres explicatifs chez les apprenants sujets de l'étude et une relative progression de ces registres explicatifs après l'enseignement.

Mots-clés : physique, force, apprentissage, usage, vie quotidienne.

EXPLANATORY REGISTER OF MIDDLE SCHOOL STUDENTS ABOUT THE CONCEPT OF «FORCE» BEFORE AND AFTER TEACHING IN BENIN

Abstract : The word "force" belongs to cultural and institutional realities. Indeed, it is both a daily use and physic concept. We explored in which area of explanatory register students apply the concept of force before and after teaching-learning to explain a current situation in which the concept of force intervenes. The results show a diversity of explanatory registers among learners, subjects of the study and a relative progression of these explanatory registers after teaching.

Keywords :Physics, strength, learning, use, daily life.

PROBLÉMATIQUE

Le contexte de cette étude est marqué par des salles de classe pléthoriques, le manque de manuels, un nombre d'enseignants qualifiés insuffisant, des élèves en situations défavorisées et la prescription d'un enseignement-apprentissage selon l'Approche Par Compétences (APC). Dans ce contexte, le concept force est abordé dans l'enseignement de la physique pour la première fois en classe de 4e. La première approche de définition que rencontre un élève de cette classe sur le concept force est « toute action capable de modifier le mouvement d'un corps, de le mettre en mouvement ou de le maintenir en équilibre ». Cependant, il ne s'agit là que des effets dynamiques et statiques de la force. Pour le sens commun, l'idée dominante que nous pensons acquise par les apprenants avant le premier enseignement, est liée à la musculature. Ainsi, le sens commun leur fait penser qu'on est d'autant plus fort ou qu'on possède assez de force, lorsqu'on est physiquement robuste et trapu. De plus, les expressions comme « force de l'ordre », « force publique » pour parler de la police ou de l'armée, « force de Dieu, force du mal », sont généralement utilisées dans la vie quotidienne de différentes façons. Selon le dictionnaire, le mot force est généralement utilisé pour désigner l'action d'un individu sur un objet ou son influence dans ou sur une situation.

Dans le cadre de notre étude, nous nous référons au modèle des deux mondes (Veillard, Tiberghien & Vince, 2005) qui s'appuie sur l'idée qu'un individu appréhende le monde matériel dans sa vie quotidienne avec des théories et modèles de la vie quotidienne.

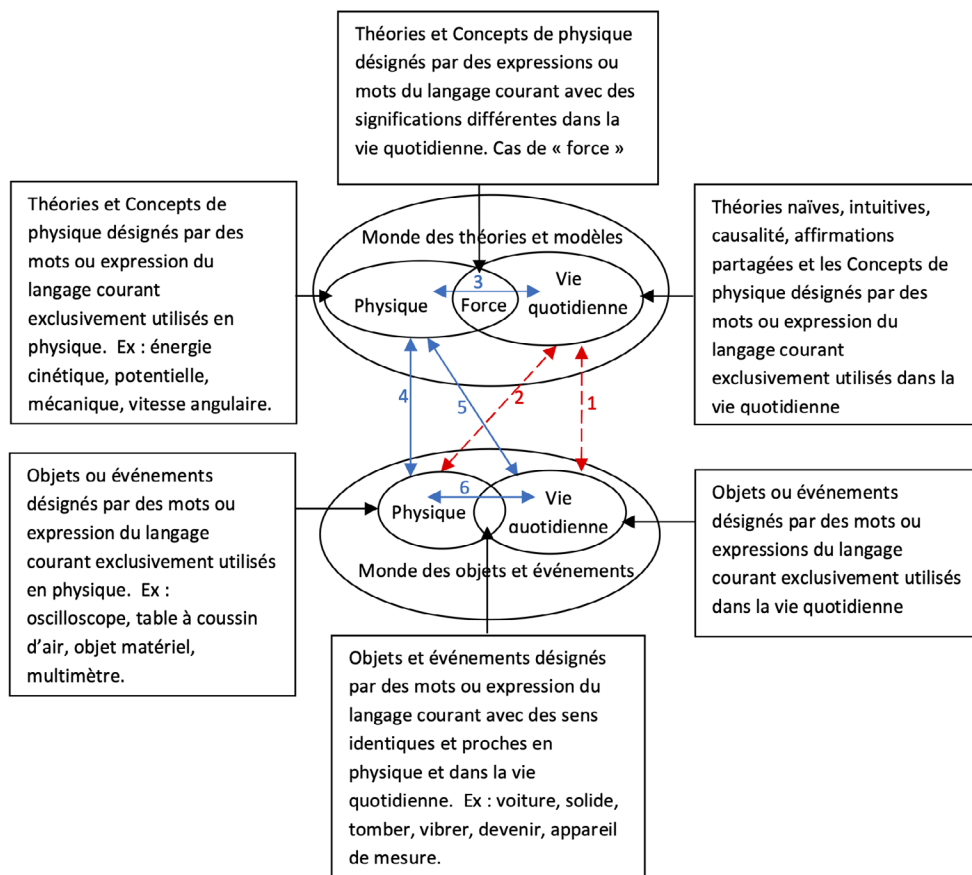


Figure 1 : Différentes relations créées lors de l'enseignement du concept force

Le concept force est un mot de grande abstraction. C'est un concept de la physique, désigné par un mot du langage courant, avec des significations différentes dans la vie de tous les jours. La figure 1 retrace les différents types de savoir dans chacun des deux mondes et toutes les relations susceptibles de se créer entre les différents niveaux et catégories de connaissances, lors de l'enseignement du concept force en classe.

Les liens 1 et 2 permettent de définir le concept force et de trouver ses usages qui n'ont rien à voir avec les savoirs du quotidien. Il s'agit des chemins souvent empruntés par les élèves. Ce sont des relations à déconstruire lors de l'enseignement-apprentissage. Les liens 3 et 6 sont des liens de conceptualisation permettant de savoir de quel point de vue on se situe et les liens 4 et 5 sont ceux de la modélisation qui nécessite la mise en relation de deux mondes de connaissances : l'un relatif à la théorie et ses modèles et l'autre, au monde réel. C'est donc cette relation entre les deux mondes que l'enseignement de physique voudrait favoriser. Le savoir quotidien des élèves sur le concept force appartient au domaine de réalité constituant le monde des objets et des événements. Il peut recouvrir, ou non, le savoir enseigné de la physique qui appartient au monde des théories et modèles. Il n'y a apprentissage que lorsque l'élève construit ces relations (Tiberghien & Vince, 2005).

Cette présentation examine dans quelle mesure le registre explicatif des élèves ayant suivi un enseignement sur le concept force, diffère de celui des élèves n'ayant pas suivi un tel enseignement. Pour nous, « le registre explicatif » signifie un raisonnement se situant dans le monde des théories ou un raisonnement au sens commun, de la vie quotidienne, se situant dans le monde des objets. Ainsi, nous abordons les questions de recherche suivantes : quelle est l'influence de l'enseignement de la Physique du concept force sur le registre explicatif mobilisé par les élèves dans une situation de vie courante dans laquelle intervient le concept force ? Dans quelle mesure ce registre explicatif diffère-t-il, entre ceux qui ont suivi et ceux qui n'ont pas suivi cet enseignement ?

Comme hypothèses nous posons que l'enseignement ordinaire de la Physique sur le concept force fait évoluer le registre explicatif des élèves dans des situations de vie courante. Les élèves ayant suivi l'enseignement mobilisent plus des ressources du monde des théories et modèles que ceux qui n'ont pas suivi cet enseignement. On notera ainsi une différence significative de registre explicatif entre eux.

ETAT DE LA QUESTION DANS LA LITTÉRATURE

La première loi de Newton stipule : « Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état » (du Chastellet, 1759). En examinant cette première loi, le concept force recouvre le sens d'une grande abstraction et Newton ne donnait que quelques exemples en parlant de « force enracinée (vis insita) » ou « force imprimée (vis impressa) » (du Chastellet, 1759). Pour De Grave (1988), Newton décrit le caractère vectoriel et définit la force à travers sa deuxième loi : « le changement de mouvement est proportionnel à la force motrice imprimée et s'effectue suivant la droite par laquelle cette force est imprimée ». En effet, d'après le premier corollaire de ses lois : « un corps poussé par deux forces parcourt, par leurs actions réunies, la diagonale d'un parallélogramme dans le même temps, dans lequel il aurait parcouru ses côtés séparément » (du Chastellet, 1759). Il transparaît alors comment la force fonctionne

et doit être manipulée mathématiquement, c'est-à-dire son caractère vectoriel. La force est la modélisation d'une interaction (De Grave, 1988) et cette modélisation se fait par une grandeur mesurable mathématisée qu'est le vecteur ayant une origine, une direction, un sens et une norme. Pour Piaget (1927), au stade originel, l'Homme explique le mouvement des corps par des théories animistes et artificialistes (ordre et acquiescement). Au-delà du stade originel, le mouvement d'un corps s'explique par l'action conjuguée d'une volonté extérieure (moteur extérieur : l'ensemble des actions qui influencent le corps) et d'une volonté intérieure (moteur intérieur). À un autre stade ultérieur, le mouvement s'explique par des causes beaucoup plus physiques car l'influence extérieure devient beaucoup plus grande, mais loin d'être mécanique. Plus tard, le mouvement s'expliquera par une causalité mécanique, à base d'inertie avec abandon des théories animiste et artificialiste. Ainsi, on conçoit chez l'enfant qu'aucun mouvement n'a lieu sans l'intervention d'action extérieure qu'on appellerait « forces spéciales » de nature vivante et substantielle. Ces « forces spéciales » sont de nature vivante, en ce sens que d'une part, les mouvements qu'elles génèrent n'ont lieu que par les corps vivants comme les astres, les nuages, les fleuves, le vent, etc. D'autre part, ces « forces spéciales » sont intentionnelles ou agissent pour un but donné, comme par exemple : « le soleil avance pour nous éclairer », « les nuages avancent pour faire la pluie », etc. Ainsi « La notion de force est ... à la fois cause finale et cause efficiente. L'utilité des mouvements physiques implique une force qui puisse les provoquer » (Piaget, p.131, 1927). Ces « forces spéciales » sont de nature substantielle, en ce sens que tout corps possède en lui-même une force interne propre, « force sui generis ». De l'explication de ce qu'est un mouvement selon le développement cognitif, découlent plusieurs tendances chez les élèves à définir le concept force :

- la force n'est définie que pour des corps actifs, animés d'un mouvement ou d'un mouvement propre (Piaget, 1927 ; Coppens, 2007) ;
- la force est définie comme une propriété intrinsèque d'un objet, sa capacité à se mettre en mouvement de lui-même ou par l'intermédiaire d'une action extérieure (Piaget, 1927 ; Viennot, 1979, 1989 ; Watts, 1983 ; Finegold & Gorsky, 1991 ; Coppens, 2007).

Ces tendances sont éloignées de ce qu'est une force en Physique.

D'après Newton, une force est responsable du changement du mouvement d'un corps et non la responsable du mouvement. Cette idée est très contre-intuitive, à la lumière de l'explication donnée au mouvement et de la définition de la force par l'enfant lors de son développement cognitif, comme l'ont démontré des recherches didactiques dans différents pays et à différents niveaux d'enseignement (Viennot, 1979 ; Clement, 1982 ; Gunstone, 1987 ; Enderstein & Spargo, 1996 ; Mindenhall & Williams, 2001 ; Coppens, 2007).

Pour expliquer les mouvements, les élèves font donc appel à des notions du concept de force qu'on peut caractériser par :

- une force extérieure exercée sur le système répondant à $\vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{\gamma}$ lorsque la force d'interaction est dans la même direction et le même sens que le mouvement ;
- une force appelée « capital de force » répondant à $\vec{F}_c = \alpha \cdot \vec{V}$ lorsque la force d'interaction est dans le sens contraire à celui du mouvement et lui est très lié et constitue la cause du mouvement. C'est le cas d'un objet qui a été lancé. On explique que pendant sa phase ascendante, il est soumis à une force, sinon il ne pourrait pas s'élever. Cette force est désignée, par exemple « la force de la main ». Celle-ci diminue à mesure que l'objet s'élève. L'idée de capitalisation permet ce glissement dans le temps grâce auquel la cause (le geste du lanceur) peut rejoindre l'effet (le mouvement) à condition de s'être intégrée dans le mobile,

d'où les formulations comme « la force de la masse ». Ce capital de force est considéré comme étant la cause du mouvement, stocké dans l'objet en mouvement, et s'use en même temps que son effet : la force s'épuise.

La prise en considération de l'existence de ces deux types de force dans les conceptions des élèves permet d'expliquer, de comprendre et de prévoir, les différentes interprétations qu'ils font des mouvements.

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Notre méthodologie de recherche se décline en une enquête quantitative sur une population d'une part, d'élèves de 6e (10 – 12 ans) qui n'ont jamais suivi un cours sur les forces, et d'autre part, des élèves de 3e (14 – 17 ans) qui ont déjà suivi au moins une fois un cours sur les forces. Cela permettrait d'appréhender les registres explicatifs qu'utilisent les élèves. Nous avons administré à nos sujets d'étude un questionnaire. Le questionnaire comprend six (6) questions avec demande de justification des réponses, sur des situations familières portant sur le concept de force. Ces situations se retrouvent dans leur contexte de vie quotidienne et ne sont pas des situations d'expériences formalisées. Nous avons administré ce questionnaire à 151 élèves (151E) de 6e et à 152 élèves (152E) de 3e. Ces niveaux scolaires ont été choisis parce que les élèves de 6e n'ont jamais suivi l'enseignement de physique sur le concept de force, contrairement aux élèves de 3e qui en ont suivi un au moins une fois déjà. Les questions posées n'orientent pas les éléments de réponse des élèves de 3e qui ont eu déjà des situations d'expériences sur le concept de force lors de l'enseignement-apprentissage. Ainsi, des situations qu'on rencontre dans l'enseignement ordinaire comme, « À l'approche d'un bâton d'ébonite frotté, des bouts de papiers sont attirés. Expliquer. », « Qu'est ce qui fait que les bouts de papiers sont attirés ? » ... « L'extrémité d'un ressort est accroché à un support fixe et l'autre extrémité est gardée par une main qui tire sur le ressort, qu'est ce qui fait que le ressort s'allonge ? », sont exclues parce que non familières et résultent des expériences formalisées dans l'apprentissage du concept de force. Dans le questionnaire, il y a eu plus de situations dont le type d'action est de contact (au nombre de quatre) que de situations dont le type d'action est à distance (au nombre de deux), parce que celles à action de contact apparaissent plus courantes et familières que celles à action à distance. Leur âge est demandé pour connaître la tranche d'âge de la population choisie pour que, selon les réponses données, on puisse voir les catégorisations possibles à faire en rapport avec le niveau d'étude. Nous avons élaboré des éléments de réponses qui nous ont permis de voir si les réponses des élèves correspondent à ces derniers, ou pas. Nous avons examiné ensuite l'écart entre leurs réponses et celles visées.

Nous pensons que la question Q2 du questionnaire « Pourquoi une mangue mûre tombe ? » peut générer des réponses qui permettent d'appréhender le raisonnement des élèves. Ainsi, cette question se prête bien à notre exploration. Les résultats que nous présentons ci-après ne concernent donc que cette question Q2 du questionnaire.

ANALYSE ET INTERPRÉTATIONS DES RÉSULTATS

Nous avons procédé à un encodage des productions obtenues par un traitement en double aveugle. Cela a conduit à une catégorisation « lissée » en six (6) catégories qui ont émergé des données. Cette catégorisation est suivie de l'encodage en nombre binaire. Dans un tableau à double entrée, lorsqu'une réponse appartient à une catégorie, elle est marquée 1 et 0 pour

toutes les autres catégories. Une réponse peut appartenir à plusieurs catégories à la fois. C'est dire que les catégories ne sont pas exclusives. Cet encodage a été ainsi fait pour chacune des classes de troisième et de sixième. En cumulant les résultats obtenus pour chacune des classes, nous avons obtenu le tableau 1 en base 2 pour chaque classe et par catégorisation.

Classe	Catégories					
	Attraction de la terre	Augmentation de la masse de la mangue	Déséquilibre masse/branche	Finalisme	Causes extérieures	Tautologique
3e (152E)	78	16	23	12	14	45
6e (151E)	1	14	22	38	35	61

Tableau 1 : résultats relatifs à la question Q2 par catégorie en 6e et 3e.

Ce tableau montre que les élèves de sixième font beaucoup plus appel à des causes finalistes, extérieures et tautologiques (89 %) pour expliquer la chute de la mangue et ceux de la troisième, font beaucoup plus appel à une cause de théorie physique et tautologique (81 %). Aucun d'eux ne donne une explication correcte de la chute de la mangue par une analyse dynamique correcte.

L'interprétation des résultats est guidée par notre quête de savoir s'il y a une évolution des registres explicatifs mobilisés par les élèves au cours de leur cursus de 6e en 3e et la portée de cette évolution. Il ressort des réponses des élèves qu'ils attribuent la cause de la chute de la mangue à une seule et unique force qui est le poids P . Mais cette réponse est incomplète. En effet, le phénomène de causalité transparait bien dans cette catégorie de réponses, car les élèves pensent que la mangue tombe parce qu'elle est attirée par la terre. Or, la mangue est continuellement attirée par la terre, même en étant en équilibre. Cela apparaît comme réponse majoritaire des élèves de 3e (78 réponses), en ce sens qu'ils ont appris le concept de force, en particulier le poids d'un corps (force de pesanteur), et qu'ils le font inscrire dans leur raisonnement. En revanche les élèves de 6e ne font pas du tout ce type de raisonnement (une seule réponse). Pour confirmer cela, des tests statistiques d'évolution s'avèrent nécessaires. Compte tenu des effectifs obtenus par catégorie (moins de 100), nous utiliserons un test de χ^2 d'indépendance pour vérifier si les écarts obtenus dans chaque catégorie du tableau 1 sont significatifs ou non.

Pour réaliser le test χ^2 d'indépendance, nous avons isolé chaque catégorie et nous sommes amenés à réécrire un nouveau tableau lui correspondant et à une répartition des « oui » et des « non ». Au lieu de faire manuellement les calculs, nous avons utilisé le logiciel « R ». Ainsi les p-values que nous mentionnerons dans la suite, sont les résultats des calculs effectués avec le logiciel « R ». Notons que La p-value représente la probabilité pour laquelle l'hypothèse nulle H_0 est vraie.

Un test de χ^2 n'est pas nécessaire pour la catégorie « Attraction de la terre » du fait qu'elle est vide pour les 6e (1 réponse). La différence est déjà significative.

CATÉGORIE « FINALISME »

Avec l'hypothèse nulle H_0 que les élèves de 6e ne sont pas plus « finalistes » que les élèves de 3e, p-value = $9,831e-05 < 0,05$, H_0 est rejetée. Il nous semble que les élèves de 6e sont plus

finalistes que les élèves de 3e. Il y a une différence significative entre les élèves de 6e et ceux de 3e. Ce registre explicatif a donc évolué en passant des élèves de 6e aux élèves de 3e.

CATÉGORIE « CAUSES EXTÉRIEURES »

Avec l'hypothèse nulle H_0 qu'il n'y a pas une différence significative entre les élèves de 6e et ceux de 3e pour le registre explicatif de « causes extérieures », $p\text{-value} = 0,001656 < 0,05$, l'hypothèse H_0 est rejetée. Il y a une différence significative dans la catégorie « causes extérieures » entre les élèves de 6e et ceux de 3e. Il nous semble que les élèves de 6e attribuent la chute de la mangue à des causes extérieures beaucoup plus que les élèves de 3e. Ce registre explicatif a donc évolué en passant des élèves de 6e aux élèves de 3e.

CATÉGORIE « TAUTOLOGIE »

Avec l'hypothèse nulle H_0 que les élèves de 3e ne sont pas plus tautologiques que ceux de 6e, $p\text{-value} = 0,06446 > 0,05$, l'hypothèse H_0 ne peut pas être rejetée. Il nous semble qu'il n'y a pas une différence significative entre les élèves de 6e et ceux de 3e dans la catégorie « tautologie ». Ce registre explicatif n'évolue pas en passant des élèves de 6e aux élèves de 3e.

Les élèves raisonnent beaucoup plus sur l'augmentation de la masse de la mangue et sur le déséquilibre masse / branche. Il n'y a pas un écart significatif dans les catégories « masse de la mangue » et « déséquilibre masse / branche ». Donc, il n'y a pas d'évolution de registre explicatif des élèves pour ces deux catégories.

Au total, les élèves de 6e sont plus finalistes et attribuent plus des causes extérieures et relativement tautologiques pour expliquer la chute de la mangue que ceux de 3e. Les élèves de 3e mobilisent davantage des registres explicatifs du monde des théories qui se rapprochent, d'une certaine manière, du raisonnement du physicien. Cela serait dû à l'enseignement du concept force qu'ils ont reçu. Aucune de ces manières de raisonner n'a permis aux élèves d'expliquer la chute de la mangue. La modélisation comme démarche de la Physique n'est pas mobilisée par les sujets de notre recherche. Les élèves de 3e qui ont suivi l'enseignement ne parviennent pas non plus à mobiliser une démarche de modélisation pour expliquer l'évènement.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Il existe, en physique, des concepts comme le concept force qui sont désignés par des mots et expressions du langage courant de la vie quotidienne, ayant une signification complètement différente. Cette étude révèle que bien que les élèves de 3e aient suivi au moins une fois le cours sur le concept, leur registre explicatif n'a pas pour autant évolué pour mieux expliquer une situation de vie courante dans laquelle intervient le concept force. Ces résultats semblent être en cohérence avec ceux des recherches effectuées antérieurement dans d'autres contextes. Notre étude s'est effectuée dans un contexte qui n'avait pas été exploré jusqu'à maintenant.

Il est possible que l'absence de mobilisation de la démarche de modélisation constatée chez les sujets de cette recherche soit un effet de l'enseignement dans le contexte où l'étude est effectuée. C'est pourquoi il serait nécessaire d'explorer les pratiques enseignantes dans notre contexte de recherche. Nous pensons que la mise en œuvre de l'enseignement-apprentissage du concept force exige une démarche de modélisation pour permettre une acquisition du concept en jeu. Il serait donc intéressant que l'enseignement de la physique donne de la place à l'activité de modélisation. Est-ce le cas dans notre contexte d'étude ?

BIBLIOGRAPHIE

- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.
- Coppens, N. (2007). Le suivi des conceptions des lycéens en mécanique : développement et usages d'exercices informatisés. Consulté à l'adresse <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00203891/document>.
- De Grave, P. R. (1988). Les forces et leur loi de composition chez Newton. *Revue philosophique de Louvain. Quatrième série*, 86(72), 505-522.
- Du Chastellet, I. M. (1759). *Isaac Newton, Principes mathématiques de la philosophie naturelle*. Définitions. Axiomes ou lois du mouvement. Paris.
- Enderstein, L. G. & Spargo, P. E. (1996). Beliefs regarding force and motion: a longitudinal and cross-cultural study of South African school pupils. *International Journal of Science Education*, 18(4), 479-492.
- Finegold, M. & Gorsky, P. (1991). Students' concepts of force as applied to related physical systems: a search for consistency. *International Journal of Science Education*, 13(1), 97-113.
- Gunstone, R. (1987). Student understanding in mechanics: a large population survey. *American Journal of Physics*, 55(8), 691-695.
- Mildenhall, P. T., & Williams, J. S. (2001). Instability in students' use of intuitive and Newtonian models to predict motion: the critical effect of the parameters involved. *International Journal of Science Education*, 23(6), 643-660.
- Piaget, J. (1927). *La causalité physique chez l'enfant*. Paris : Félix Alcan.
- Tiberghien, A. & Vince, J. (2005). Etude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. Consulté à l'adresse <https://www.researchgate.net/publication/237572894>
- Veillard, L., Tiberghien, A. & Vince, J. (2011). Analyse d'une activité de conception collaborative de ressources pour l'enseignement de la physique et la formation des professeurs. *Activité*, 8(2), 201 - 210.
- Viennot, L. (1977). Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. Thèse de doctorat. Université de Paris 7. Consulté à l'adresse <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01275119/document>.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique, la part du sens commun*. Bruxelles : De Boeck.
- Watts, D. (1983). A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education*, 4, 217-230

RÉGULER L'ACTIVITÉ DANS LE CONTEXTE DES DÉMARCHES D'INVESTIGATION EN SCIENCES À L'ÉCOLE PRIMAIRE FRANÇAISE LE RÔLE DES INTENTIONS

Muriel Blat¹, Alain Jameau¹, Jean-Marie Boilevin¹

1 : Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique (CREAD EA 3875)
Université de Brest, Université de Bretagne Occidentale (UBO) : EA3875

Résumé : L'un des enjeux de la démarche d'enseignement des sciences, fondé sur l'investigation, est de rendre les élèves plus actifs et plus autonomes dans les apprentissages. Cette attente institutionnelle engage les enseignants à faire évoluer leurs pratiques. L'étude de cas présentée dans cette communication analyse, dans ce contexte, comment un professeur des écoles français pense et organise son activité, la contrôle et la régule dans une situation d'enseignement sur les changements d'état de l'eau au cycle 2 (6-8 ans). Notre approche théorique articule didactique des sciences et didactique professionnelle. La méthodologie élaborée pour cette étude met au jour les buts et intentions de l'enseignant qui nous permettent d'accéder à une part invisible de ses décisions, pour analyser les écarts entre le prévu et le réalisé. Nous montrons comment évoluent les intentions de l'enseignant au cours de l'activité et quel rôle elles jouent dans la régulation de l'activité.

Mots-clés : démarche d'investigation au primaire, activité, intention, régulation.

REGULATE ACTIVITY IN THE CONTEXT OF INQUIRY – BASED SCIENCE EDUCATION IN FRENCH PRIMARY SCHOOL LEVEL THE ROLE OF INTENTIONS

Abstract: One of the challenges of the inquiry-based approach to science education is to make students more active and autonomous in learning. This institutional expectation requires teachers to change their practices. The case study presented in this paper analyses, in this context, how a school teacher thinks and organizes his activity, controls and regulates it in a teaching situation on the changes in water status in french Cycle 2 (5-8 years old children). Our theoretical approach combines science didactics and professional didactics. The methodology developed for this study uncovers the teacher's goals and intentions that allow us to access an invisible part of his decisions to analyze the gaps between what is planned and what is achieved. We show how the teacher's intentions evolve during the activity and what role they play in regulating the Activity.

Keywords : IBSE at primary school, activity, intention, regulation.

CONTEXTE DE RECHERCHE

Pour faire suite au plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école (MEN, 2000) et s'aligner sur les recommandations internationales, les programmes de sciences engagent les enseignants français, dès l'école élémentaire, à mettre en œuvre « des démarches d'investigation » ou tout au moins « quelques moments d'une démarche d'investigation » (MEN, 2015). Cependant, Boilevin (2005) précise que « l'introduction de ces nouvelles prescriptions [...] entraîne des modifications dans les activités en classe et transforme la relation didactique ». À la suite de cet auteur, Jameau (2016) explique que l'un des enjeux de la démarche d'enseignement des sciences fondée sur l'investigation est « de renouveler les pratiques d'enseignement [...] en cherchant à rendre l'apprentissage plus actif et plus motivant » tout en laissant davantage d'autonomie aux élèves dans leurs apprentissages. À travers plusieurs études de cas, il analyse ainsi l'action professorale hors classe et en classe, et constate que « la préparation de classe n'est pas définitive et n'assure pas les enseignants d'atteindre leurs objectifs » (Jameau, 2015). En outre, Amade-Escot et Venturini (2009), suggèrent que « les régulations du professeur ne sont intelligibles que si on les rapporte à son intention didactique au-delà de l'épisode ou de la séance ». Pour mieux comprendre comment, dans le contexte spécifique des démarches d'investigation, un enseignant régule l'activité et adapte sa préparation au cours de la situation, nous questionnons ses intentions didactiques. L'étude de cas présentée dans cette communication, est menée dans une situation d'enseignement du changement d'état de l'eau au cycle 2, dans le contexte des démarches d'investigation en France.

CADRE THEORIQUE

Pour Larcher et Peterfalvi (2006), « l'investigation met l'accent sur le questionnement » et postule que « l'on apprend par discussion avec d'autres, mais aussi avec ce que l'on sait déjà ». La démarche d'investigation, habituellement présentée comme un « canevas » souple décrit par « sept moments » (Calmettes, 2009), est souvent introduite « par une accroche ludique » sur laquelle nous centrons notre attention. Les élèves y sont amenés à raisonner pour proposer des solutions à un problème ou un défi. L'enseignant s'appuie sur leurs propositions pour organiser une confrontation d'idées permettant à chacun d'enrichir et de préciser son vocabulaire, d'argumenter et de raisonner avec de plus en plus de rigueur et de précision, mais également de construire et de s'approprier collectivement un questionnement producteur de savoirs.

Dans ce contexte qui laisse une large place au collectif, la perspective de la didactique professionnelle nous invite à prendre en compte le travail réel et pas seulement le travail prescrit. Cette centration sur l'activité se réfère aux travaux de Leontiev (1976), pour qui l'activité se réalise par des actions, chaque action répondant à un but. Si l'activité ne mène pas au résultat attendu, des mécanismes de régulation permettent de redéfinir le but à atteindre, voire de changer de but (Pastré, 2008). Schubauer-Leoni *et al.* (2007) précisent que l'origine collective des activités comporte au plan intentionnel, des finalités, alors que l'action se retrouve portée par des intentions et des motifs qui sont propres aux raisons d'agir de la personne.

De son côté, Pacherie (2003) définit l'intention comme un « moyen à employer pour faire une action ». Elle propose une approche dynamique de l'intention qui permet de considérer non seulement ce qui déclenche l'action, mais encore « la manière dont elle est exécutée, comment [...] elle est guidée jusqu'à un certain point, contrôlée et suivie jusqu'à son terme. » Cette approche distingue les intentions dirigées vers le futur (F-intentions) qui ne sont pas soumises

aux contraintes temporelles de « l'ici et maintenant », et leur évolution dans le présent de l'activité. Deux catégories d'intentions sont ainsi contemporaines à l'action et articulées à celle-ci : les P-intentions qui exercent le contrôle de l'action à l'échelle « du présent consciemment perçu », et les M-intentions ou intentions motrices, qui représentent des mouvements finalisés et exercent ce contrôle à une échelle « pour partie cognitivement impénétrable ».

Ce cadre conceptuel nous amène à formuler deux questions de recherche : Comment mettre au jour les intentions d'un enseignant et leur évolution, de la préparation à la mise en œuvre d'une séance d'enseignement-apprentissage en sciences dans le contexte des démarches d'investigation ? L'analyse de l'évolution de ces intentions au cours de l'activité permet-elle de comprendre la manière dont un enseignant régule l'activité dans ce contexte ?

METHODOLOGIE

Nous analysons l'activité d'une enseignante formatrice habituée à enseigner les sciences dans le contexte des démarches d'investigation, partant du présupposé qu'elle possède une bonne compréhension de son action. L'observation est réalisée dans une classe de CE1 de Réseau d'Éducation Prioritaire où les élèves (6 à 8 ans) sont à priori peu sensibilisés aux sciences. La séquence support à cette étude de cas vise l'attendu de fin de cycle « identifier un changement d'état de l'eau dans un phénomène de la vie quotidienne » (MEN, 2015). Notre analyse porte sur la première séance de cette séquence, qui, selon l'enseignante, doit permettre aux élèves de construire un questionnement. Ils sont ainsi mis au défi de conserver un glaçon le plus longtemps possible. Le choix de cette situation déclenchante devrait leur permettre de pratiquer quelques moments d'une démarche d'investigation : observer, expliquer leur choix en utilisant un vocabulaire scientifique spécifique, confronter leurs idées pour faire émerger un questionnement qui permettra de prévoir des expériences.

La méthodologie développée permet le croisement de deux corpus de données. Le premier est constitué de vidéos de la séance. Le second comprend des éléments recueillis avant et après celle-ci : la fiche de préparation commentée par l'enseignante lors d'un entretien filmé avant la séance, de manière à accéder à une part de l'implicite de sa préparation ; un entretien filmé après la séance selon des modalités proches de l'auto-confrontation simple (Clot *et al.*, 2000) qui nous permet de recueillir les réactions de l'enseignante face à sa propre activité et ce qui détermine son action.

L'activité est organisée par l'enseignante en cinq phases différenciées par leur finalité. Pour avoir une vision synthétique de la séance telle qu'elle est prévue et dans sa forme effective, nous croisons les données pour réaliser deux synopsis (Jameau, 2015) précisant pour chaque phase, le but auquel répondent les actions anticipées ou réalisées et les intentions qui les portent. Une comparaison de ces synopsis nous permet ensuite de repérer des écarts de buts entre le prévu et le réalisé, potentiellement révélateurs de régulations de l'activité. L'entretien post séance cible ces écarts et l'analyse du discours de l'enseignante sur les raisons de ses actions et nous permet de mesurer le rôle des intentions dans cette réorganisation des buts prévus.

ÉLÉMENTS DE RESULTATS

RECONSTRUCTION DES BUTS PRÉVUS ET DES F-INTENTIONS

Remarquons tout d'abord que les termes de « but » et « d'intention » n'apparaissent pas en tant que tels dans la fiche de préparation et sont indifféremment utilisés par l'enseignante dans les entretiens. C'est au chercheur de les reconstruire en croisant les différents « objectifs » et « compétences visées » que l'enseignante mentionne sur sa fiche de préparation avec d'une part, les renseignements qu'elle a notés dans les colonnes « déroulement », « rôle de l'enseignant » et « tâche des élèves » et d'autre part, avec les éléments de son discours. Le tableau 1 ci-dessous montre comment nous reconstruisons le but prévu de la phase 1 de la séance et l'intention qui s'y rapporte. Les entretiens sont codés EA (entretien ante) et EP (entretien post séance), un tour de parole est codé Tdp000 et « fiche » indique que l'information est prélevée sur la fiche de préparation.

<p>« <u>Tâche des élèves</u> : les élèves ont choisi leur emballage et le lieu de dépôt » fiche</p> <p>« C'est à eux de choisir le meilleur endroit qui leur paraît pour qu'on conserve les glaçons jusqu'à l'après-midi. » EA Tdp 131</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>-« comment je vais pouvoir leur dire ça ?+ [...] c'est ça je vais présenter plutôt sous forme de jeu + on va faire une course aux glaçons » EA Tdp 139</p> <p>-« Là, c'était presque une phase d'implication où ils ramènent des choses de chez eux + [...] » EP Tdp 117</p> <p>-« C'est un peu pour impliquer au maximum les :: les élèves aussi » EP Tdp 119</p> <p style="text-align: center;">↓</p>
<p>But prévu 1:</p> <p>Choisir un endroit pour déposer son glaçon</p>	<p>F- intention :</p> <p>impliquer les élèves par une situation de jeu « la course aux glaçons » à partir de ce qu'ils ont rapporté de chez eux.</p>

Tableau 1. : exemple de reconstruction de but et d'intention issu de Blat, 2018

Nous reconstruisons ce premier but prévu en recherchant dans les données préalables à la séance l'état final visé. Ce but pourrait être atteint de différentes manières et le souci d'impliquer les élèves apparaît ici comme un moyen à employer pour parvenir au but et non comme une fin en soi. Remarquons que la F-intention ici reconstruite porte également deux sous-buts implicites : « apporter un glaçon de chez soi » et « anticiper le lieu de dépôt de son glaçon ». Une F-intention peut donc porter différents buts et sous-buts de l'activité. Un croisement systématique des données nous permet ainsi de reconstruire les buts prévus (BP) de chaque phase de la séance et les F-intentions qui les portent (Annexe 1).

F-INTENTION ET PRISE D'INFORMATIONS

La reconstruction des buts prévus dans cette séance fait apparaître une forte volonté de l'enseignante d'enseigner les sciences par la démarche d'investigation et selon les recommandations officielles, puisque qu'ils visent à rendre les élèves actifs, à les faire observer, s'interroger, argumenter en utilisant un vocabulaire précis (Annexe 1). Nous remarquons par ailleurs que les F-intentions reconstruites, en tant que moyens de réaliser les actions répondant à ces buts, peuvent se regrouper en quatre catégories. Afin d'écartier toute idée de hiérarchie, nous indexons ces catégories de symboles permettant de les distinguer (Annexe 1). La suite de cette présentation

porte sur deux catégories d'intentions : celle qui recourt à « l'explicitation comme moyen de ... » (F●) et celle qui utilise « la démarche d'investigation comme moyen de ... » (F★).

Pour comprendre comment les F-intentions se précisent dans le présent de l'activité, nous relevons dans l'entretien post-séance, les propos qui, de notre point de vue, donnent du sens aux actions repérées dans la vidéo. Le tableau 2 ci-dessous présente les résultats concernant les F-intentions ●. Nous constatons que ces F-intentions vont se préciser par rapport au langage. L'entretien post-séance nous permet d'accéder aux informations prises en compte par l'enseignante dans l'activité pour rendre possible cette évolution des intentions. Elle pointe ainsi sur la vidéo de la séance, un élève qui semble « dessiner » en l'air un objet dont il cherche le mot et elle précise : « tu vois, au niveau vocabulaire on a quand même du mal hein ». Elle fait également référence au contexte pour expliquer les raisons de son action : « est-ce qu'ils ont tous vu des congélateurs, c'est pas évident, elle, elle vient des Comores là ». Nous remarquons également que les M-intentions ● ici reconstruites renforcent les P-intentions ●. Ainsi, pour l'élève qui cherche le mot « bac à glaçon », l'enseignante reprend le même geste en explicitant le vocabulaire qu'elle répète et qu'elle fait préciser tout au long de la séance et dès qu'elle en perçoit la nécessité.

<p>F● : l'explicitation comme moyen de...</p>	<p>P● expliciter la polysémie du mot course</p> <p>P● expliciter le vocabulaire congélateur, frigo, bac à glaçons</p> <p>P● corriger la syntaxe</p>	<p>M● froncements/haussements de sourcils</p> <p>M● tend l'oreille</p> <p>M● mime/mime en écho à un élève</p>
---	---	---

Tableau 2. : évolution des F-intentions ●

Nous interprétons de ces résultats que la F-intention ● permet à l'enseignante de sélectionner dans l'activité des informations pertinentes concernant l'utilisation du vocabulaire par les élèves. Ces informations lui permettent de préciser son plan d'action, et de déclencher une ou plusieurs actions adaptées à la situation. Dans ce cas, notre analyse de l'évolution des intentions explique pourquoi plusieurs actions visant le même but émergent plusieurs fois de l'activité. Par exemple, des actions répondant au but BP2 : « permettre aux élèves de s'approprier un vocabulaire précis » émergent à plusieurs reprises dans la phase 3 de la séance (Annexe 3).

PORTÉE DIDACTIQUE DES INTENTIONS

Comme nous l'avons précédemment exposé, la reconstruction des buts prévus dans cette séance témoigne de la forte volonté de l'enseignante d'enseigner les sciences par la démarche d'investigation. Les F-intentions★ associées à ces buts, portant « la démarche d'investigation comme moyen de... », semblent cependant centrées essentiellement sur une recherche d'implication des élèves et non sur des savoirs. Le tableau 3 ci-dessous montre que l'évolution de ces F-intentions★ dans l'activité ne semble pas se centrer davantage sur les savoirs, comme nous aurions pu nous y attendre.

<p>F★ : la démarche d'investigation comme moyen de...</p>	<p>P★ interpeler/questionner les élèves personnellement</p> <p>P★ ne pas valider ou invalider à la place des élèves</p> <p>P★ prendre en compte/valoriser les propositions des élèves</p>	<p>M★ théâtralise pour faire l'ingénue</p>
---	---	--

Tableau 3 : évolution des F-intentions ★

Dans cette séance principalement basée sur des échanges oraux, nous repérons dans la conduite des interactions verbales, un questionnement qui circule entre les élèves et l'enseignante, celle-ci ne validant ou n'invalider jamais les propositions. Les M-intentions [ici reconstruites] semblent renforcer cette conduite de classe car nous repérons beaucoup de gestes ou expressions faciales et corporelles de l'enseignante encourageant le questionnement et la prise de parole sans induire de réponses. Cependant, pour expliquer ses régulations, l'enseignante s'appuie sur des éléments de contexte, sur des indices comportementaux d'attention et d'engagement ou sur ses invariants opératoires concernant l'implication des élèves, plutôt que sur des indices relatifs aux procédures ou aux réussites et aux échecs des élèves. Par exemple, quand elle interpelle un élève en particulier, elle nous indique que « Oscar n'avait certainement rien dû dire mais c'était pour le chopper lui que je l'ai cité, peut-être parce que c'est un petit afghan ou pour euh : pour citer un élève enfin voilà parce que ça interroge tous les autres dans ces cas là quand tu parles à un élève ça réinterroge tous les autres ».

Nous interprétons de ces résultats que les intentions ★ nous renseignent sur ce que l'enseignante comprend de la démarche d'investigation. Pour elle, en effet, il s'agit d'impliquer les élèves et de leur permettre de construire le savoir par eux-mêmes. Sa conduite de classe est cohérente avec sa représentation des attentes institutionnelles et elle déploie une énergie intense à susciter et à maintenir l'engagement d'un maximum d'élèves dans l'activité. Ainsi, bien que les intentions ★ se rattachent à des buts en cohérence avec la démarche d'investigation, elles sont ici davantage des moyens de piloter le groupe que des moyens de construire un savoir scientifique. Dans cette séance, l'enseignante va, par exemple, permettre aux élèves de « choisir où ils déposent leur glaçon » pour le conserver le plus longtemps possible. Elle indique, dans l'entretien préalable et en référence à son expérience antérieure : « certains avaient voulu le mettre dehors, d'autres + euh ben à l'ombre dans un coin de la classe et voilà euh c'est à eux de choisir le meilleur endroit ». Elle précise qu'à ce moment de l'activité, son rôle est de « satisfaire aux exigences du lieu de dépôt ». À aucun moment, elle ne prend d'informations sur les opérations cognitives des élèves qui leur permettent de faire des prévisions et d'anticiper sur le phénomène physique en jeu dans cette séance. Si elle les laisse libres dans leur choix et leurs déplacements, elle ne les rend pas autonomes dans cet apprentissage et l'on peut en conclure que la portée didactique de son intention est faible.

DISCUSSION - CONCLUSION

La méthodologie proposée dans cette étude permet de reconstruire les buts et les intentions d'une enseignante et d'observer leur évolution de la préparation à la mise en œuvre d'une séance d'enseignement-apprentissage des sciences en cycle 2, dans le contexte des démarches d'investigation. La perspective didactique permet d'analyser la pertinence des buts fixés pour

construire les savoirs en jeu, mais Schubauer-Leoni *et al.* (2007) remarquent que « si les dispositifs initiaux construits et proposés par l'enseignant sont potentiellement pertinents pour l'apprentissage des savoirs visés, il reste à charge de la recherche d'en établir la portée didactique ». À travers deux exemples, nous avons montré comment la reconstruction de la dynamique des intentions de l'enseignante permet d'analyser la portée didactique de l'action professorale. En effet, nous avons remarqué que certaines intentions se précisent dans le présent de l'activité, en s'appuyant sur les réussites ou les échecs des élèves et permettent ainsi au professeur de réguler son action, à partir des informations prélevées pour atteindre le but fixé. Nous en concluons que ces intentions ont une portée didactique forte puisqu'elles permettent une mise au travail du savoir visé. D'autres intentions, cependant, bien que fortement liées à la démarche d'investigation, portent davantage des actions de pilotage du groupe qu'une mise au travail des savoirs scientifiques. Elles ont donc une portée didactique plus faible, puisqu'elles n'orientent pas précisément la prise d'information de l'enseignante sur les savoirs en jeu.

Dans une perspective de formation, ces résultats nous invitent à questionner plus spécifiquement les opérations cognitives en jeu dans la démarche d'investigation pour repérer celles de haut niveau qui nécessitent d'être travaillées avec les élèves pour les rendre plus autonomes dans leurs apprentissages. Une étude plus vaste nous permettrait de plus, de vérifier, dans le contexte des démarches d'investigation, si les F-intentions ici reconstruites dans cette étude de cas sont spécifiques à l'enseignante observée, à son expérience, au niveau de classe, au savoir en jeu ou si elles ont une portée plus générique et si l'on peut en repérer d'autres. Enfin, nous interrogeons la possibilité d'articuler ce concept d'intention à celui de schème développé par Vergnaud (2001) dans la théorie de la conceptualisation dans l'action. Une telle articulation nous permettrait peut-être de mieux comprendre comment s'élaborent les règles d'actions d'un enseignant et de définir des règles d'action didactiquement stratégiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Amade-Escot, C. & Venturini, P. (2009). Le milieu didactique : d'une étude empirique en contexte difficile à une réflexion sur le concept. *Education et didactique*, 1(3), 7-44.
- Blat, M. (2018). *Une analyse des intentions pour comprendre les régulations de l'activité : cas de l'enseignement des sciences au cycle 2*. Mémoire de master Recherche en Didactique. Université de Bretagne Occidentale, Rennes. non publié
- Boilevin, J.-M. (2005). Enseigner la physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster*, 40, 13-37.
- Calmettes, B. (2009). Démarches d'investigation en Physique. Des textes officiels aux pratiques de classe. *Spirales*, 43, 139-148.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G. & Scheller, L. (2000). Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Piste*. 2(1).
- Jameau, A. (2015). Les connaissances professionnelles des enseignants et leur évolution à travers une analyse de l'activité. Une étude de cas en physique au collège. *Education et didactique*, 9(1), 9-31.
- Jameau, A. (2016). Des processus d'acquisition de connaissances professionnelles chez deux professeurs des écoles. *Review of science, mathematics and ICT Education*. 10.
- Larcher, C. & Peterfalvi, B. (2006). Diversification des démarches pédagogiques en classe de sciences. *Bulletin de l'Union des Physiciens*. 886 (1). 825-834

- Leontiev, A. (1976). *Le développement du psychisme*. Paris : Editions sociales.
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2000). Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école. *Bulletin Officiel*, 23, note de service n°2000-078. Repéré à <http://www.education.gouv.fr/bo/2000/23/ensel.htm>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2015). Programmes d'enseignement de l'école élémentaire et du collège. *Bulletin Officiel spécial* du 26/11/15. Repéré à <http://www.education.gouv.fr/cid95812/au-bo-special-du-26-novembre-2015-programmes-d-enseignement-de-l-ecole-elementaire-et-du-college.html>
- Pacherie, E. (2003). La dynamique des intentions. *Dialogue*, 42.
- Pastré, P. (2008). Apprentissage et activité. In : Y. Lenoir & P. Pastré (Eds.). *Didactique professionnelle et didactiques disciplinaires en débat* (pp. 53-79). Toulouse : Octarès.
- Schubauer-Leoni, M.-L., Leutenegger, F., Ligozat, F. & Flückiger, A. (2007). Un modèle de l'action conjointe professeur-élève : les phénomènes didactiques qu'il peut/doit traiter. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds), *Agir ensemble : L'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp.51-91). Rennes : PUR.
- Vergnaud, G. (2001). Piaget visité par la didactique. *Intellectica*, 33, 107-123.

ANNEXE 1- RECONSTRUCTION DES BUTS PRÉVUS ET DES F-INTENTIONS

Phase 1	<p>But prévu 1: (BP1) Choisir un endroit pour déposer son glaçon - <i>fiche</i></p>	<p>F- intention : ★ <i>impliquer les élèves</i> par une situation de jeu « la course aux glaçons » à partir de ce qu'ils ont rapporté de chez eux. EA Tdp 139, EATdp 117, 119</p>
Phase 2	<p>But prévu 2 : (BP2) préciser le vocabulaire connu sur la glace et les glaçons - <i>fiche</i></p>	<p>F- intention : 🗨️ « accorder une grande importance au langagier » EA Tdp16, « être très explicite » EA Tdp 18</p>
Phase 3	<p>But prévu 3a : (BP3a) s'assurer que les élèves savent que le glaçon c'est de l'eau – <i>fiche et EA Tdp112, 114</i></p> <p>But prévu 3b : (BP3b) avancer si possible vers le but global qui est de « prendre en compte le facteur chaleur » EA Tdp 108</p>	<p>F- intention : ★ faire émerger les représentations des élèves – <i>fiche</i></p> <p>F- intention : 📖 être ouverte aux différentes propositions » pour « pousser plus loin vers le changement d'état » EA Tdp 78, 108</p>
Phase 4	<p>But prévu 4a : (BP4a) « faire justifier et argumenter par les élèves les choix qu'ils ont fait pour le dépôt des glaçons » – <i>fiche et EATdp 151, 153</i></p> <p>But prévu 4b : (BP4b) « que chacun ait pu observer les restes des glaçons » - <i>fiche</i></p>	<p>F-intention : ★ questionner les élèves sur ce qu'ils pensent - <i>fiche et EA Tdp151 à 155</i></p>
Phase 5	<p>But prévu 5a : (BP5a) faire formuler des hypothèses aux élèves (pour mettre en lien la fonte du glaçon et la chaleur du lieu où il était déposé) - <i>fiche</i></p> <p>But prévu 5b : (BP5b) garder une trace écrite des propositions des élèves - <i>fiche</i></p>	<p>F- intention : ★ faire comparer les résultats - <i>fiche</i></p> <p>F- intention : ☉ <i>organiser</i> la séance et la séquence – EPo Tdp 249</p>

Légende :

F- intentions ★ : la démarche d'investigation comme moyen de...

F- intentions 🗨️ : l'explicitation comme moyen de...

F- intentions 📖 : la connaissance des programmes comme moyen de...

F- intentions ☉ : différents gestes comme moyen d'organiser la séance et la séquence

ANNEXE 2 – RECONSTRUCTION DES INTENTIONS ET DE LEUR DYNAMIQUE

<p>F☛ : l'explicitation comme moyen de...</p>	<p>P☛ expliciter la polysémie du mot course</p> <p>P☛ expliciter le vocabulaire congélateur, frigo, bac à glaçons</p> <p>P☛ corriger la syntaxe</p>	<p>M☛ froncements/haussements de sourcils</p> <p>M☛ tend l'oreille</p> <p>M☛ mime/mime en écho à un élève</p>
<p>F★ : la démarche d'investigation comme moyen ...</p>	<p>P★ interpeler/questionner les élèves personnellement</p> <p>P★ ne pas valider ou invalider à la place des élèves</p> <p>P★ prendre en compte/ valoriser les propositions des élèves</p>	<p>M★ théâtralise pour faire l'ingénue</p>
<p>F☉ : différents gestes comme moyen d'organiser la séance et la séquence</p>	<p>P☉ rythmer la séance</p> <p>P☉ projeter les élèves dans la séquence</p> <p>P☉ (ré) organiser l'espace</p> <p>P☉ † repérer et traiter plus spécifiquement un comportement perturbateur</p>	<p>M☉ gestuelle des mains pour stopper la parole, mettre en attente un élève, donner la parole</p> <p>M☉ pointer ce qui est écrit au tableau pour recentrer les élèves</p> <p>M☉ des gestes plus spécifiques envers un élève si besoin : gros yeux, voix plus forte, immobilité avec regard appuyé, contact physique avec la table ou le cahier</p>
<p>F3📖 : la connaissance des programmes comme moyen de...</p>	<p>P📖 concernant le changement d'état et le paramètre chaleur</p> <p>P📖 concernant température et thermomètre</p> <p>P📖 concernant les étapes d'une démarche d'investigation scientifique</p> <p>P📖 concernant les difficultés des élèves</p>	

ANNEXE 3 – RÉORGANISATIONS DES BUTS ENTRE LE PRÉVU ET LE RÉALISÉ

Ce tableau indique pour chaque phase de la séance une chronologie du prévu et du réalisé.
Le titre de chaque phase est celui donné par l'enseignante.

Les buts prévus (BP) sont indexés de numéros pour les rattacher à la phase de la séance à laquelle ils sont prévus et de lettres a, b, c pour rendre compte de la chronologie prévue.

La colonne du réalisé indique BP00 pour situer le moment où le but prévu est traité dans l'activité et BR00 pour un but émergent de l'activité.

Ce tableau indique pour chaque phase de la séance une chronologie du prévu et du réalisé.
Le titre de chaque phase est celui donné par l'enseignante.
Les buts prévus (BP) sont indexés de numéros pour les rattacher à la phase de la séance à laquelle ils sont prévus et de lettres a, b, c pour rendre compte de la chronologie prévue.
La colonne du réalisé indique BP00 pour situer le moment où le but prévu est traité dans l'activité et BR00 pour un but émergent de l'activité.

Phase 1 : « dépôt des glaçons en amont de la séance (matin) »	Phase 2 : « entrée en matière »		Phase 3 : « expression des représentations d'élèves »		Phase 4 : « Observation des glaçons et discussion »		Phase 5 : « hypothèses et conclusion »	
	Prévu	Réalisé	Prévu	Réalisé	Prévu	Réalisé	Prévu	Réalisé
BP1 →					BP4a →	BP4a - BP5b	BP5a	BR5
	BP2	BR2 - BP5b	BP3a →	BP3a - BP5b	BP4b →	BP5a ← BP5b	BP5b	
			BP3b →	BP3b - BP2 - BP5b		BR4a		
				BR3a - BP2 - BP5b		BP4a - BP5b		
				BR3b - BP5b		BP4b		
				BR3c				
				BR3d				

REPRÉSENTATIONS D'ÉLÈVES SUR LE PHYSICIEN ET L'OBSERVATION

LA TRANSITION GÉO-HÉLIOCENTRIQUE

EN CLASSE DE TERMINALE SCIENTIFIQUE

Nicolas Journaux¹, Laurence Maurines¹

1 : Didactique des Sciences d'Orsay (DidaScO-EST) Université Paris-Saclay

Résumé : Nous présentons quelques résultats de l'expérimentation dans une classe de terminale scientifique d'une séquence d'enseignement à caractère historique. Portant sur le passage du modèle géocentrique au modèle héliocentrique, la séquence vise à mettre en valeur l'existence et l'évolution de présupposés au sein de la physique. Elle repose sur sept textes conçus en mobilisant une caractérisation multidimensionnelle des sciences, fondée sur une approche anthropologique des pratiques. Les réponses obtenues à trois questionnaires élaborés pour suivre l'expérimentation ont fait l'objet d'une analyse en termes de positionnements épistémologiques et de dimensions de la NoS. Les résultats obtenus avant enseignement confirment les hypothèses faites concernant les représentations de l'observation comme « neutre » et d'une démarche inductive. Après enseignement, ils montrent une vision des pratiques accordant plus de place aux dimensions humaine et sociale des sciences ainsi qu'une évolution de la place de l'observation dans la démarche scientifique.

Mots-clés : histoire des sciences, représentations des sciences, observation, présupposés, enseignement secondaire

STUDENTS' IMAGES OF THE PHYSICIST AND OF THE OBSERVATION

THE GEO-HELIOCENTRIC TRANSITION IN THE SCIENTIFIC GRADE 12 CLASS

Abstract : We present some results of the experimentation of an innovative historical pedagogical unit in a scientific grade 12 class. Focused on the transition from the geocentric model to the heliocentric model, the teaching sequence aims to highlight the existence and evolution of presuppositions within physics. It included seven texts designed by mobilizing a multidimensional characterization of science based on an anthropological practice approach. The responses to three questionnaires developed to monitor the experiment were analyzed in terms of epistemological positioning and NoS dimensions. The results obtained before teaching confirm the hypotheses made regarding representations of observation as « neutral » and of an inductive method. After teaching, they show a vision of practices giving more space to the human and social dimensions of science as well as an evolution of the place of observation in the scientific process.

Keywords : History of Science, NoS views, observation, presuppositions, secondary teaching

INTRODUCTION

Nombre des défis que le monde contemporain doit relever nécessitent l'acquisition par tout citoyen d'une culture scientifique qui lui permette d'agir de manière responsable. Cette culture repose sur des connaissances sur ce que sont les sciences/la science, ainsi que sur la capacité à les utiliser pour penser ou agir dans des contextes variés (Hodson, 2009).

Or, les recherches ancrées dans le champ désigné par l'acronyme NoS (Nature of Science) dans les pays anglo-saxons, montrent que les représentations des élèves correspondent davantage à une image empirico-inductive et réaliste « naïve » des sciences qu'à une vision socio-constructiviste.

Par ailleurs, les recherches mettent en avant différents leviers pour favoriser une meilleure compréhension de la NoS, en particulier l'introduction d'éléments d'histoire des sciences. Ces recherches montrent que seul un enseignement explicite de la NoS est réellement efficace (Höttecke, Henke & Reiss, 2012).

Face à ces différents constats, nous avons cherché à examiner s'il est possible de faire évoluer les représentations des sciences des élèves grâce à l'histoire des sciences à propos du thème particulier de l'observation et de l'inscription humaine et socio-culturelle des savoirs scientifiques. À la lumière des travaux menés par Maurines et Beaufiles (2011), nous avons retenu un thème scientifique au programme de la classe de terminale S et avons élaboré et expérimenté une séquence d'investigation documentaire fondée sur l'histoire du passage des modèles géocentrique à héliocentrique. Nous présentons le cadre théorique dans lequel nous inscrivons notre réflexion sur la NoS et l'élaboration de la séquence d'enseignement, puis nos questions et notre méthodologie de recherche. Nous donnons ensuite quelques-uns des résultats obtenus. Pour les autres, le lecteur peut se référer à Journaux (2018).

CADRE THÉORIQUE ET QUESTION DE RECHERCHE

LES SCIENCES COMME COMMUNAUTÉS DE PRATIQUES ET DE PERSONNES ENGAGÉES DANS DES ACTIVITÉS DE MODÉLISATION FONDÉES SUR DES PRÉSUPPOSÉS

Inscrivant notre travail dans la continuité des travaux menés par le groupe DidaScO sur la NoS (Maurines, Gallezot, Ramage & Beaufiles, 2013), nous reprenons leur caractérisation des sciences telles qu'elles sont pratiquées au sein de différentes communautés. Fondée sur le concept de pratiques sociales de référence, introduit par Martinand (1986) et mobilisant l'ensemble des champs d'étude sur les sciences, elle propose de rendre compte des pratiques scientifiques au travers de 9 dimensions, elles-mêmes déclinables en sous-dimensions et catégories (cf. annexe 1). Cette approche est voisine de celle d'Erduran et Dagher (2014), dans la mesure où elle permet de caractériser les pratiques au sein d'une communauté. Elle s'en distingue néanmoins car trois dimensions permettent d'inscrire les pratiques scientifiques dans un contexte socio-culturel et historique et de caractériser les individus. Il s'agit d'une approche anthropologique des pratiques, dans la mesure où elle met au centre du questionnement l'Homme saisi dans toutes ses dimensions, dans son unité et sa diversité. Attentive à la singularité des acteurs et à leur multidimensionnalité, cette approche les considère comme des personnes qui agissent comme des scientifiques.

Un des intérêts de ce cadre multidimensionnel d'analyse de la NoS est de permettre d'articuler les savoirs et les acteurs et ainsi, de conférer une inscription humaine et socio-culturelle aux savoirs scientifiques. Un autre intérêt est d'offrir autant de dimensions que le cadre en possède et de permettre l'examen de l'image des sciences non seulement, en termes de conformité avec les représentations contemporaines de l'entreprise scientifique mais aussi, en termes de richesse et de complexité. L'hypothèse sous-jacente est que le degré de richesse de la vision des pratiques scientifiques dépend du nombre et de la diversité des dimensions et caractéristiques pertinentes mobilisées, le degré de complexité dépend lui de la façon dont elles sont mises en relation.

De plus, comme Maurines (2010) dans son étude sur l'enseignement des sciences face au fait religieux, nous accordons une place centrale à l'activité de modélisation et au concept de paradigme introduit par Kuhn (1992). Nous souscrivons à l'idée que, si le paradigme oriente l'activité d'une communauté et la cimente, il n'en existe pas moins des différences entre acteurs et des qualités différentes de consensus, en particulier à propos de la composante métaphysique. Nous considérons que l'activité scientifique repose sur des présupposés et valeurs, c'est-à-dire des critères de positionnement théorique et de choix, plus ou moins explicites. Certains sont partagés par les scientifiques à une époque donnée et stables dans le temps (par exemple le principe du matérialisme méthodologique), d'autres sont interprétés différemment, remodelés et redéfinis. Ainsi, Brenner (2011), prolongeant la réflexion engagée par Kuhn, met en évidence une hiérarchie différente des valeurs dans son étude des arguments avancés lors de la transition du géocentrisme à l'héliocentrisme. Si Ptolémée et Kepler sont guidés par la simplicité, Copernic l'est par les notions d'harmonie ou d'élégance.

Le schéma de la modélisation proposé par Maurines (cf annexe 2) rend compte de la composante métaphysique du paradigme et de l'existence d'un noyau commun de présupposés fondant la pratique scientifique. Il est à noter qu'il « se décline différemment selon le domaine de recherche auquel on s'intéresse et les phénomènes que l'on cherche à interpréter, selon qu'il se rapporte à une communauté donnée ou à un scientifique particulier [...]» (Maurines, 2010, p. 359).

LES REPRÉSENTATIONS « NAÏVES » SUR LES SCIENCES

De nombreuses enquêtes montrent que les représentations des sciences des élèves, étudiants et enseignants, sont très souvent incohérentes et éloignées d'une vision socio-constructiviste des sciences. Comme le note Deng et ses collaborateurs (2011), ces représentations « naïves » s'éloignent d'une vision « informée » où « la connaissance est construite de façon active par un individu pensant seul ou au travers d'échanges. Elle n'est pas reçue ou transmise passivement de l'environnement [...]. Elle ne vise pas la découverte d'une réalité objective et certaine (ou vraie) existant indépendamment du monde éprouvé par l'individu et social » (Deng, Chen, Tsai & Chai, 2011, p. 964).

QUESTIONS DE RECHERCHE

Compte tenu des constats précédents, nous avons choisi d'explorer les représentations des élèves sur l'inscription humaine et sociale des savoirs dans le cas particulier de l'observation d'une part, et d'examiner s'il est possible de les faire évoluer grâce à l'introduction de l'histoire des sciences, d'autre part.

Nous apportons des éléments de réponse aux questions suivantes :

1. pour les élèves, quelle est la place de l'observation dans la pratique scientifique, plus précisément, l'observation doit-elle être première ou non, est-elle orientée ou non par un cadre conceptuel ?
2. pour les élèves, un savoir scientifique résultant de l'observation reste-il ou non, chargé de théorie ? Décrit-il ou non, une réalité indépendante de l'observateur ?
3. quelles dimensions de la NoS sont évoquées par les élèves ? Quelle place accordent-ils aux dimensions associées à l'Homme, la communauté scientifique et la société ?
4. quelle est l'évolution des représentations des élèves en termes de positionnement d'une part, de dimensions évoquées et de leur richesse ?

MÉTHODOLOGIE

La séquence d'enseignement innovante que nous avons élaborée est une situation d'investigation documentaire qui vise à travailler des objectifs d'apprentissage d'ordre épistémologique de type objectif-obstacle. Il s'est agi, notamment, d'aider les élèves à dépasser une représentation de l'observation comme fondatrice des savoirs scientifiques, « neutre » et indépendante de tout cadre théorique et métaphysique, en leur proposant une situation d'enseignement à caractère historique. Notre approche didactique de l'histoire des sciences se rapproche ici de celle valorisée par Aduriz-Bravo (2010). Compte tenu de l'objectif d'apprentissage épistémologique retenu, elle est avant tout un moyen pour faire réfléchir les élèves sur la NoS et non un but d'apprentissage en tant que tel.

Une étude historique et épistémologique des modèles d'univers nous a permis de rédiger sept textes sur la transition géo-héliocentrique pour les élèves mettant en valeur l'interpénétration des différents éléments qui façonnent les sciences. Chacun des sept textes contextualise la contribution d'un scientifique, aussi bien sur le plan sociétal qu'individuel : certains des présupposés et valeurs qui ont orienté son travail sont mentionnés ; certains renvoyant au contexte culturel de l'époque et à la religion. L'annexe 1 met en perspective un des textes, celui sur Copernic, avec la grille multidimensionnelle de la NoS et le schéma de la modélisation fondée sur des présupposés, proposé par Maurines (2010). Les six autres textes ont été consacrés à Aristote, Ptolémée, Copernic, Brahé, Kepler, Galilée, Newton.

La séquence d'enseignement innovante a été expérimentée dans le cadre contraint d'une classe de terminale scientifique, auprès de 30 élèves en mai 2015 par le premier auteur. Elle consiste en une séance en demi-groupe de 2h, suivie de deux séances en classe entière de 1h. Le suivi de l'expérimentation repose sur trois questionnaires. Les questionnaires passés au début et immédiatement après la séquence, comportent chacun six questions ouvertes ou fermées, avec demande de justification, inspirées pour partie de la littérature sur la NoS. Le questionnaire passé quinze jours après vise à estimer la capacité des élèves à réinvestir ce qu'ils ont appris au cours de la séquence innovante dans un autre contexte historico-scientifique : la découverte de Neptune et la (non) découverte de Vulcain. Il se présente sous la forme d'un texte accompagné de quatre questions ouvertes. Les outils proposés aux élèves pour extraire les informations des textes et préparer l'activité de synthèse sont présentés en annexe 3. En cohérence avec les objectifs visés et les textes élaborés, le diagramme, inspiré du schéma de la modélisation proposé par Maurines (2010), évoque l'existence non seulement, du registre scientifique mais aussi, d'un registre religieux.

Nous avons analysé les réponses fournies par les élèves à chaque questionnaire, question par question, et croisé les résultats de certaines questions d'un même questionnaire afin de lever, si possible, certaines ambiguïtés ou repérer l'existence éventuelle de profils d'élèves.

Nous avons réalisé deux types d'analyse. D'une part, nous avons catégorisé les réponses par un processus itératif couplant analyse a priori et a posteriori et avons rapproché certains types de réponses de positionnements épistémologiques, allant de positionnements naïfs à informés.

D'autre part, nous avons mobilisé la grille de la NoS (annexe 1) pour repérer les dimensions des pratiques évoquées dans une réponse et ce, indépendamment du nombre de fois où une dimension est évoquée par l'élève. Un exemple de codage de réponses obtenues est présenté en annexe 4. La recherche de la stabilité intersubjective du codage sur l'ensemble du corpus reste à finaliser. Les figures de l'annexe 5 se rapportent à quelques-uns des résultats de l'analyse, en termes de dimensions de la NoS.

Pour estimer l'impact de la séquence sur un point épistémologique particulier, nous avons comparé les résultats obtenus à des questions portant sur ce point, questions formulées de manière générale avant enseignement et contextualisées après (voir, par exemple, les questions associées aux figures 2 et 5 de l'annexe 5). Nous avons réalisé cette comparaison aussi bien pour les résultats en termes de positionnement que ceux en termes de dimensions.

Nous avons également cherché à estimer l'impact de la séquence sur la richesse des représentations de la NoS d'un élève et de la classe, à l'aide de deux critères : le nombre de dimensions évoquées à un questionnaire d'une part, la répartition de ces dimensions d'autre part. Compte tenu des objectifs poursuivis dans la séquence, il était notamment attendu après enseignement, un nombre de dimensions évoquées plus élevé et une présence plus importante des dimensions témoignant de l'inscription humaine et socio-culturelle des savoirs : visées (au travers de la sous-dimension présupposés et valeurs), attitudes/qualités (des acteurs), société (contexte culturel et religieux).

RESULTATS

LA PLACE ET LE RÔLE DE L'OBSERVATION

Avant enseignement, la majorité des élèves (77 %, N=30) répond qu'un bon physicien est quelqu'un qui observe d'abord. Seuls 17 % des élèves répondent par la négative. Si les premiers justifient leur réponse en mettant en avant une démarche inductive « C'est suite à ses observations qu'il propose des explications », les seconds ancrent l'observation dans une réflexion théorique « Le physicien doit d'abord réfléchir à ce qu'il veut prouver, puis établir un protocole et enfin observer ».

Juste après enseignement, 83 % des élèves répondent que la séquence les a conduits à reconsidérer la place de l'observation : « C'est une idée reçue que de croire que l'élaboration du savoir scientifique se base sur l'observation [...] ». Quinze jours après enseignement, une majorité d'élèves (73 %) considèrent que Le Verrier a contribué à la découverte de Neptune (seul pour 53 % ou avec le Galle pour 20 %) prenant ainsi en compte la dimension théorique. Seuls 17 % des élèves donnent priorité à l'observation par le Galle.

L'INSCRIPTION HUMAINE ET CULTURELLE DE L'OBSERVATION ET DES SAVOIRS

Avant enseignement, les élèves ont des difficultés à répondre à la question leur demandant quels sont les arguments avancés par les scientifiques en faveur de l'héliocentrisme aux 16e-17e siècles. 63 % d'entre eux répondent qu'ils ne savent pas. Parmi ceux qui répondent, la majorité n'évoque qu'un seul registre du schéma de la modélisation, en mettant l'accent soit sur les observations « En regardant le mouvement des autres planètes », soit sur des éléments théoriques « Loi de Kepler (ellipse) ». Seuls deux élèves articulent les registres empirique et théorique. L'analyse en termes de dimensions de la NoS des réponses fournies à cette question (fig. 1) révèle un accent mis sur la dimension objet.

Après enseignement, l'analyse fondée sur l'approche anthropologique des pratiques montre une présence relative plus importante des dimensions de la NoS, en lien avec les objectifs d'apprentissage poursuivis dans la séquence (fig.5). En plus de la dimension histoire dont l'augmentation est liée à la nature même de la séquence, les élèves évoquent des éléments relevant principalement des visées et caractéristiques générales des sciences, de l'élaboration et des démarches de la communauté. Apparaissent également, dans une moindre mesure, les dimensions liées aux qualités des acteurs et à la société. Il est à noter que la mobilisation de ces dimensions et catégories ne suffit pas pour caractériser complètement la vision des sciences renvoyée par une réponse. La première réponse donnée ci-après, renvoie une vision informée des sciences, tandis que la seconde se rapproche d'une vision naïve : « Contrairement à ce qu'on pouvait croire, une observation neutre n'existe pas, elle est guidée par des théories déjà supposées ou envisagées », « Il faut faire abstraction de tous nos préjugés, de toutes nos croyances pour arriver à interpréter des phénomènes sans influence ».

La comparaison des dimensions évoquées en réponse à des questions posées, avant et après enseignement, portant toutes deux sur l'observation, révèle des modifications similaires du profil de la classe (fig. 2 et 6) et significatives ($p < 2,3 \cdot 10^{-5}$). Si avant enseignement, les justifications relèvent en premier lieu de la dimension communauté (au travers de la diversité des acteurs et de leur façon de penser), après enseignement, elles correspondent aux dimensions visées (présupposés, observation inscrite), élaboration (diversité des démarches), société (contexte culturel) et attitudes/qualités (scientifiques croyants/religion).

RICHESSSE DES REPRÉSENTATIONS DE LA NOS

Sur les réponses fournies par la classe au questionnaire 1, nous avons repéré 242 évocations des neuf dimensions. La dimension élaboration est plus évoquée que les dimensions associées à l'inscription humaine et sociale des savoirs (fig. 3). Les réponses des élèves au questionnaire 2 sont plus fournies (282 évocations). La répartition des dimensions évoquées, indique une inscription humaine et sociale plus grande qu'avant enseignement (fig. 7). La différence de répartition des dimensions évoquées sur l'ensemble des questionnaires 1 et 2 (fig. 3 et 7) est significative ($p = 3,8 \cdot 10^{-3}$).

Le nombre moyen d'évocations des neuf dimensions par élève avant enseignement pour le questionnaire 1 est de 8,1 ; l'écart type étant de 2,1 et les valeurs minimale et maximale de 3 et 14, soit 1,35 dimensions évoquées par élève et questions. Deux élèves pour lesquels le même nombre moyen d'évocations au questionnaire 1 a été repéré, peuvent évoquer des dimensions différentes de la NoS, renvoyant ainsi des représentations différentes (fig. 4).

Le nombre moyen d'évocations des neuf dimensions par élève, après enseignement est plus élevé. Il est de 9,4 pour le questionnaire 2, soit 1,57 par élève et question. On note une hétérogénéité plus grande de la classe (ce qu'indique également la fig. 8) : l'écart-type du nombre moyen d'évocation des dimensions par élève est de 3,1, les valeurs maximale et minimale étant de 1 et 17. L'évolution avant et après enseignement est significative ($p=1,2.10^{-2}$).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats obtenus avant enseignement renvoient une vision des sciences empirico-inductive et rejoignent ceux de la littérature. Ceux obtenus après enseignement, montrent une inscription humaine et socio-culturelle davantage présente. Les contraintes de l'expérimentation nous ont conduits à explorer les représentations des élèves avec des questions abordant le même point épistémologique, mais formulées différemment. Si l'on ne peut exclure l'éventualité d'un lien avec les différences observées, nous faisons l'hypothèse que c'est la séquence elle-même qui a permis l'évolution des représentations ; hypothèse qui nous semble renforcée par les résultats obtenus 15 jours plus tard.

Si les résultats obtenus après enseignement nous semblent indiquer une évolution des représentations des élèves, relative au rapport théorie-observation et à l'inscription humaine et sociale des pratiques, ils ne nous permettent pas d'affirmer que les représentations des élèves correspondent à une vision socio-constructiviste des sciences. La question du rapport des savoirs à la réalité a été, en effet, plus délicate à évaluer au travers des questions posées.

Si l'impact de la séquence semble positif, voire très positif pour la plupart des élèves, il peut aussi se révéler négatif. En effet, les résultats montrent une hétérogénéité plus grande de la classe après enseignement qu'avant et un retrait de quelques élèves des activités proposées. Cela interroge sur la possibilité et la façon d'engager l'ensemble d'une classe dans une réflexion épistémologique et des activités documentaires.

Les deux cadres d'analyse de la NoS que nous avons mobilisés nous ont fourni des outils pour élaborer la séquence d'enseignement. La grille multidimensionnelle de la NoS nous a permis de repérer l'inscription humaine et sociale des sciences ; de caractériser les profils et degré d'homogénéité d'une classe ; de comparer les profils des élèves. La réflexion sur la façon de mobiliser cette grille pour étudier les représentations, notamment sur la façon de l'articuler avec une étude des positionnements, est poursuivie. Elle s'oriente vers une analyse à un grain plus fin des dimensions et un examen des liens établis entre dimensions et sous-dimensions.

BIBLIOGRAPHIE

- Aduriz-Bravo, A. (2010). Use of the history of science in the design of research-informed NOS materials for teacher education. In P. V. Kokkotas, K. S. Malamitsa & A. A. Risaki (Eds.), *Adapting historical knowledge to the classroom* (pp. 195–204). Rotterdam: Sense Publishers.
- Brenner, A. (2011). *Raison scientifique et valeurs humaines. Essai sur les critères du choix objectif*. Paris : Presses universitaires de France.
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C. & Chai, C. S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95 (6), 961–999.
- Erduran, S. & Dagher, Z.-R. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for*


- Science Education. Scientific Knowledge, Practices and Other Family categories.* Dordrecht. The Netherlands : Springer.
- Höttecke, D., Henke, A. & Riess, F. (2010). Implementing history and philosophy in science teaching: strategies, methods, results and experiences from the European HIPST project. *Science & Education*. DOI 10.1007/s11191-010-9330-3
- Hodson, D. (2009). *Teaching and Learning about science. Language, theories, methods, history, traditions and values.* Rotterdam : Sense Publishers
- Höttecke, D., Henke, A. & Riess, F. (2010). Implementing history and philosophy in science teaching: strategies, methods, results and experiences from the European HIPST project. *Science & Education*. DOI 10.1007/s11191-010-9330-3
- Journaux, N. (2018). *Le physicien, l'observation et ses présupposés, au travers de l'histoire des modèles d'univers : représentations d'élèves de terminale S. Thèse de didactique des sciences.* Univ. Paris-Saclay.
- Kuhn, T.S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques.* Paris : Flammarion.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaitre et transformer la matière.* Berne : Peter Lang.
- Maurines, L. (2010). L'enseignement des sciences face au fait religieux. Au-delà des savoirs : l'idée de science. In L. Maurines (éd.). *Sciences et religions. Quelles vérités ? Quel dialogue ?* Paris : Vuibert, pp. 346-377.
- Maurines, L. & Beaufils, D. (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement : l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. *Revue en didactique des sciences et des technologies*, 3, 271-305.
- Maurines, L., Gallezot, M., Ramage, D. & Beaufils, D. (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. *Revue en didactique des sciences et des technologies*, 7, 19-52.

ANNEXE 1

Dimensions épistémologiques	<ol style="list-style-type: none"> 1) Visées et caractéristiques générales (présupposés et valeurs) (Vis) 2) Objets d'étude et problématiques (Obj) 3) Produits obtenus (Pro) 4) Ressources mobilisées (Res) 5) Élaboration (Ela) : modalités de construction et de validation des savoirs (activités, démarches, règles)
Dimensions psychologique, sociologiques, historique	<ol style="list-style-type: none"> 6) Attitudes et qualités des acteurs (Att) 7) Communauté scientifique (Com) 8) Société (Soc) 9) Histoire (Tps)

La science comme pratiques d'une communauté de personnes agissant en tant que scientifiques

ANNEXE 2




Copernic (1473-1543)

Nicolas Copernic est un chanoine de la cathédrale de Frauenburg en Pologne. Il étudie le droit en Italie et s'intéresse particulièrement à l'astronomie.

Ses travaux sont publiés l'année de sa mort dans un livre intitulé *Des révolutions des orbés célestes*. Il y présente ses arguments en faveur de l'héliocentrisme, qui fait du **Soleil l'astre autour duquel tournent les planètes**.

Copernic a étudié la **théorie géocentrique** proposée par Ptolémée et acceptée depuis plus de **mille ans** par les astronomes. Mais Copernic n'adhère pas à la théorie géocentrique, qui fait de **la Terre le centre de l'Univers**. Il connaît la théorie héliocentrique d'un philosophe grec, **Aristarque de Samos** (v. 310-230 av. J.-C.), qui suggère que **le mouvement des astres** peut s'expliquer par un modèle dans lequel **le Soleil est au centre de l'Univers**. **Copernic, malgré ses croyances**, met en œuvre cette théorie pour **interpréter** le mouvement des planètes, en particulier celui de la Terre, car il est influencé par les écrits platoniciens qui insistent sur **la haute dignité du Soleil**, comme dans la célèbre allégorie de la caverne. Bien que l'idée même d'une Terre en mouvement s'oppose à l'explication d'Aristote, Copernic admet encore le fait que les astres décrivent des cercles parfaits. Ainsi, selon lui, les planètes tournent autour du Soleil selon un mouvement circulaire uniforme.

Sa théorie est plus simple que celle de Ptolémée, parce qu'elle fait intervenir moins d'épicycles ; cependant, elle n'est pas plus **précise** que celle-ci. Mais, tout comme le système de **Tycho Brahé**, elle permet de **prédire l'existence** des phases de Vénus. La découverte de ce phénomène 50 ans après la mort de Copernic va attribuer à sa théorie un certain **pouvoir explicatif**. La théorie héliocentrique soulève cependant quelques objections : si la Terre se mouvait, l'on devrait ressentir son mouvement et les corps qui sont à sa surface devraient être jetés dans l'espace. Malgré la prudence de la préface, écrite par l'éditeur Andreas Osiander qui précise que « *le système héliocentrique est un simple modèle mathématique permettant d'améliorer les calculs* », l'ouvrage de Copernic connaît des difficultés avec les **autorités religieuses** lorsque **Galilée** en reprendra la thèse centrale au siècle suivant. En 1616, **l'Église** déclare la théorie héliocentrique incompatible avec les Saintes Écritures.

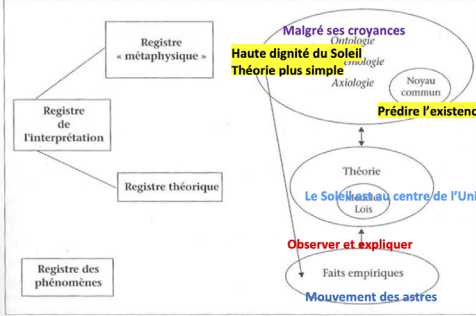


Le modèle héliocentrique du système solaire de Copernic (Chareix, 2001)

Grille de la NoS
(Maurines et al., 2013)

9 dimensions (à priori)	
Visées et caractéristiques (présupposés et valeurs)	Attitudes
Objets d'étude	Communauté
Ressources	Société
Produits	Temps
Elaboration : activités, démarches, règles	

Schéma de la modélisation fondée sur des présupposés
(Maurines, 2010)



The diagram shows a process flow: 'Registre de l'interprétation' and 'Registre théorique' lead to 'Registre des phénomènes'. This leads to 'Théorie' (Le Soleil au centre de l'Univers), which is linked to 'Faits empiriques' (Mouvement des astres) via 'Observer et expliquer'. A feedback loop 'Prédire l'existence' connects 'Théorie' back to 'Registre de l'interprétation'. A box 'Malgré ses croyances' (Haute dignité du Soleil, Théorie plus simple) is linked to 'Théorie' and 'Prédire l'existence'.

Un des textes du dossier (Journaux, 2018) dont quelques éléments sont rapprochés du cadre théorique

ANNEXE 3

Tableau pour extraire les informations des textes

Scientifique ?	Position ?		nouveaux éléments?	quels arguments?	Position contradictoire avec vision cosmologique classique du christianisme ?		Opposition directe à la religion ?	
	Géo	Hélio			oui	non	oui	non
<i>Copernic</i>		x	<i>interprète mvt planètes</i>	<i>théorie plus simple, pas plus précise</i>	x			x

Diagramme pour préparer la synthèse (exemple de Copernic)

Le tableau et le diagramme proposé aux élèves au cours de la séquence

ANNEXE 4

Réponses d'élèves	Dimensions de la NoS								
	Vis	Obj	Res	Pro	Ela	Att	Com	Soc	Tps
<i>De leur point de vue, un phénomène peut avoir plusieurs causes.</i>	x	x							
<i>L'observation est la base de l'explication, mais l'observation peut être fautive, il ne faut donc pas se fier seulement à l'observation</i>	x				x	x			

Exemple de codage de réponses d'élèves

ANNEXE 5

Questionnaire 1 : avant la séquence

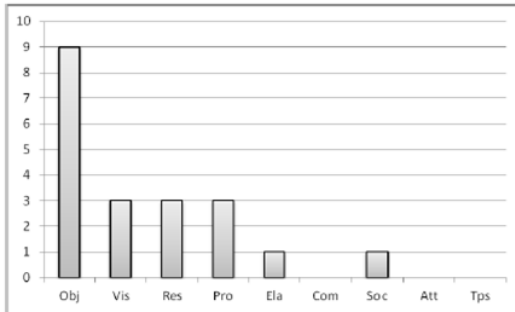


Fig 1 : Selon vous, quels arguments ont été avancés par les scientifiques au XVI^e-XVII^e s. en faveur de l'héliocentrisme ?

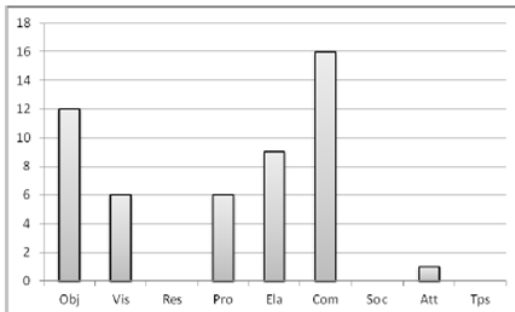


Fig. 2 : Deux physiciens qui observent le même phénomène peuvent-ils proposer une explication différente ?

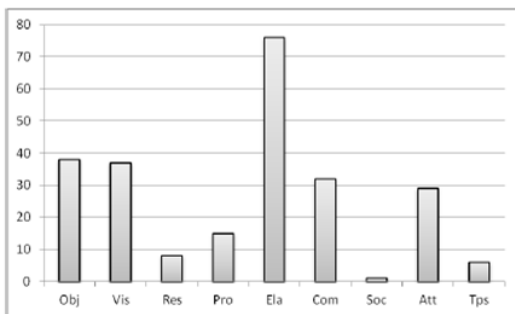


Fig. 3 : Profil de la classe : distribution des dimensions évoquées par la classe à l'ensemble du premier questionnaire

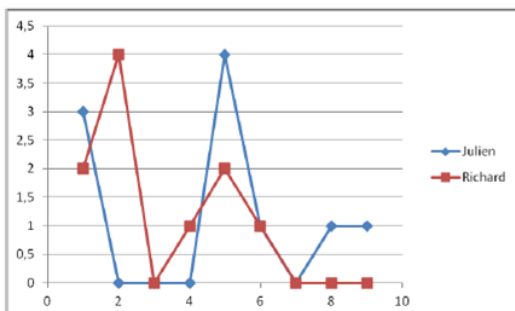


Fig. 4 : Profils de deux élèves avant enseignement pour lesquels le nombre d'unités analysées en termes de dimensions est identique (=10)

Questionnaire 2 : après la séquence

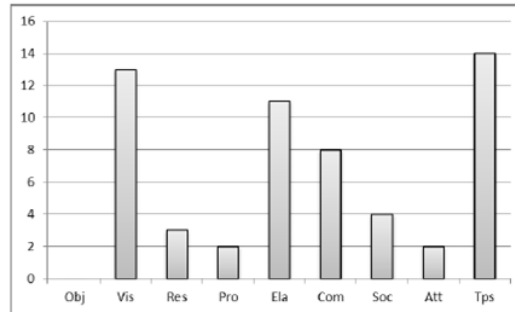


Fig. 5 : Qu'est ce que cette séance vous a appris d'important sur l'élaboration des savoirs scientifiques ?

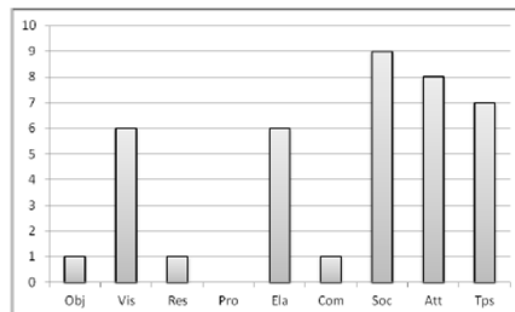


Fig. 6 : Comment expliquez-vous que Ptolémée et Copernic dépendent des positions différentes ?

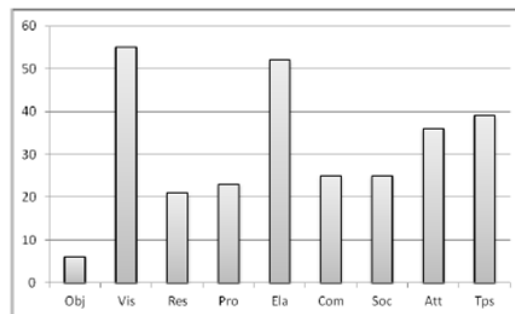


Fig. 7 : Profil de la classe : distribution des dimensions évoquées par la classe à l'ensemble du deuxième questionnaire

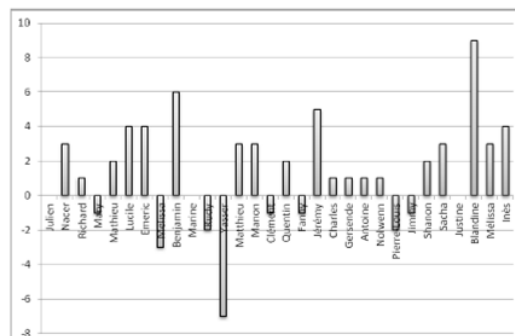


Fig. 8 : Différence entre les nombres de dimensions évoquées par chaque élève avant et après la séquence

TRANSPOSITION DES DÉMARCHES EXPÉRIMENTALES DANS UN ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE DE SUPPORT LABNBOOK, DE LA CARACTÉRISATION DIDACTIQUE À L'UTILISATION EN SITUATION ÉCOLOGIQUE

Cédric D'ham¹, Claire Wajeman¹, Isabelle Girault¹, Patricia Marzin Janvier^{2,3}

1 : Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) Université Grenoble Alpes

2 : Centre de Recherche sur l'Éducation, les apprentissages et la didactique
Université de Rennes 2 : EA3875, Université de Brest

3 : Laboratoire informatique de Grenoble. Equipe MeTAH (LIG-MeTAH)

CNRS : UMR5217, Université Grenoble Alpes, Université Grenoble Alpes

Résumé : LabNbook est un environnement numérique qui permet aux apprenants (lycée ou enseignement supérieur) de créer et partager un cahier de laboratoire et/ou des rapports scientifiques. Cette plateforme a été conçue pour que les enseignants puissent aisément mettre en œuvre les contenus et la pédagogie de leur choix : travaux pratiques, apprentissage par investigation, apprentissage par problème, pédagogie de projet... L'objectif de cette communication est de justifier nos choix de conception de LabNbook par des éléments épistémologiques et didactiques et de présenter l'utilisation de la plateforme à grande échelle dans deux établissements d'enseignement supérieur.

Mots-clés : plateforme numérique, sciences expérimentales, cahier de laboratoire, rapport scientifique, transpositions du savoir

TRANSPOSITION OF THE EXPERIMENTAL PROCESSES IN A SUPPORTIVE DIGITAL ENVIRONMENT LABNBOOK, FROM THE DIDACTICAL CHARACTERIZATION TO THE USE IN ECOLOGICAL CONDITIONS

Abstract: LabNbook is a digital environment that enables learners (high school or university) to create and share laboratory notebooks and/or scientific reports. This platform has been made in order that teachers can easily implement the contents and the pedagogies they have chosen: experimental sessions, inquiry learning, problem-based learning, project-based learning... The aim of this paper is to justify with epistemological and didactical elements the design decisions taken for LabNbook. We also present the use of the platform in a large-scale experiment conducted in two higher education organizations.

Keywords: online environment, experimental sciences, laboratory notebook, scientific report, knowledge transpositions

INTRODUCTION

S'il est généralement admis que les travaux pratiques font partie de l'enseignement scientifique, la question de leur efficacité dans les apprentissages – notamment en regard de leur coût de mise en œuvre – est un point discuté (Abrahams & Millar, 2008). Pour que les activités expérimentales aient un impact positif sur les apprentissages, elles doivent engager les apprenants à manipuler des concepts et pas uniquement des objets matériels (Séré & Beney, 1997 ; Hofstein & Lunetta, 2004).

L'enseignement basé sur l'investigation a été largement introduit dans les collèges et lycées européens au cours des années 2000 (Rocard, 2007) en affichant les objectifs suivants : permettre aux apprenants de donner du sens à leurs activités en laboratoire ; favoriser les apprentissages conceptuels et méthodologiques ; modifier le regard des élèves sur les résultats scientifiques et sur la manière dont ils sont établis. Bien que de multiples études aient montré les avantages de telles méthodes par rapport à une approche traditionnelle des travaux pratiques (Freeman *et al.*, 2014), des auteurs questionnent l'efficacité de l'enseignement par investigation. Par exemple, Kirschner et ses collègues ont exprimé le peu de crédit qu'ils accordaient aux méthodes pédagogiques dérivées du constructivisme (Kirschner *et al.*, 2006). Si on peut reprocher à ces auteurs d'associer trop évidemment les méthodes pédagogiques décrites avec un faible guidage des apprenants par les enseignants, il n'empêche qu'un de leurs arguments appelle réflexion : « The major fallacy of [the inquiry-based] rationale is that it makes no distinction between the behaviours and methods of a researcher who is an expert practicing a profession and those students who are new to the discipline and who are, thus, essentially novices »¹. Plus récemment, l'étude PISA 2015 indique une corrélation négative entre les résultats aux tests de connaissances scientifiques et un enseignement par investigation (Léna, 2018). Les méthodes d'enseignement par investigation ne sont donc pas l'assurance d'un apprentissage optimal des concepts scientifiques par rapport à un enseignement traditionnel. Il a notamment été montré l'importance de la performance des enseignants dans la réussite d'un enseignement par investigation (Blanchard *et al.*, 2010). D'autres auteurs ont proposé l'utilisation de logiciels de support : simulations à partir desquelles les apprenants peuvent explorer des modèles scientifiques (de Jong *et al.*, 2013) ou étayages numériques pour accompagner les apprenants dans leurs démarches d'investigation (Zacharia *et al.*, 2015). Parmi les plateformes supports de la démarche d'investigation, on peut citer WISE (Slotta & Linn, 2009), SCY (de Jong *et al.*, 2010) ou Go-Lab (de Jong *et al.*, 2014). Ces environnements sont généralement complexes à configurer et imposent l'utilisation d'un modèle pédagogique défini. Un autre type d'environnements support à l'investigation apparaît actuellement en enseignement : les ELN, « Electronic Lab Notebooks » (Eblen-Zayas, 2015). Ces environnements ont été initialement conçus pour permettre aux chercheurs en laboratoire de consigner et partager leurs résultats. S'ils sont plus ouverts que les plateformes d'apprentissage par investigation, les ELN ont le défaut de ne pas avoir été pensés pour un usage pédagogique.

L'objectif de cette communication est de présenter LabNbook, un ELN pédagogique destiné aux apprenants de lycée et du supérieur pour qu'ils produisent et partagent des cahiers de laboratoire ou des rapports. Dans LabNbook, les enseignants définissent librement les contenus enseignés et les stratégies pédagogiques mises en place. LabNbook est plus spécifiquement conçu

1 L'erreur majeure dans la justification de l'apprentissage par investigation est qu'il n'y a pas de distinction faite entre les comportements et méthodes des chercheurs, qui sont des experts exerçant leur profession, et ceux des étudiants qui débutent dans la discipline et sont donc des novices.

pour enseigner les sciences expérimentales dans le cadre de pédagogies « centrées-étudiant » (Hannafin & Hannafin, 2010) : apprentissage par investigation, apprentissage par problème, pédagogie de projet, travaux pratiques... Dans la première partie de notre communication, nous décrivons LabNbook en présentant nos choix de conception étayés par des éléments épistémologiques et didactiques. Une deuxième partie détaille quelques données qui décrivent la mise en œuvre de LabNbook à grande échelle au sein de l'Université Grenoble Alpes. La conclusion présente les questions de recherche posées par l'usage de la plateforme que nous explorons actuellement.

CONCEPTION DE LABNBOOK : UNE DOUBLE TRANSPOSITION

Nous proposons de caractériser la conception de la plateforme selon un double processus de transposition didactique (Chevallard, 1991) et informatique (Balacheff, 1993).

TRANSPOSITION DIDACTIQUE DES DÉMARCHES EXPÉRIMENTALES DU CHERCHEUR

La démarche expérimentale du chercheur en sciences a été décrite à des fins d'enseignement (Develay, 1989 ; Guillon & Séré, 2002). Une étude montre cependant que ces descriptions sont assez éloignées des démarches mises en place par les enseignants (Richoux & Beaufils, 2005). Des auteurs ont proposé des transpositions de la démarche expérimentale pour une utilisation en enseignement. On peut citer la démarche OHERIC ou, plus récemment, la description des phases du cycle d'investigation (Pedaste *et al.*, 2015).

À partir de ces différents travaux, nous avons produit notre propre description d'une transposition des démarches expérimentales pour l'enseignement. Nous nous sommes appuyés sur la description proposée par Develay (1989) à laquelle nous avons adjoint une structure cyclique à la façon de Pedaste *et al.* (2015). De plus, nous avons développé la démarche dans les mondes des « théories & modèles » et « objets & événements » proposés par (Tiberghien *et al.*, 2009). Notre cycle expérimental consiste en une séquence de sept types de tâches pouvant être assignés à l'apprenant (cf. Fig.1.) :

- Définir le problème : le problème peut correspondre soit à une investigation (par exemple déterminer la condition pour qu'un objet flotte), soit à un problème technique (par exemple déterminer la concentration d'une solution par un dosage) ; il peut être issu de réflexions théoriques ou de l'observation d'un fait singulier.
- Proposer des hypothèses : l'hypothèse peut être une relation entre grandeurs (cas de l'investigation, par exemple) ou un résultat numérique anticipé (cas d'un problème technique, par exemple).
- Concevoir l'expérience : ce type de tâches a pour objet de produire un protocole expérimental, document ayant un statut bien précis en sciences expérimentales (Girault et al., 2012).
- Réaliser l'expérience et collecter des données : les données peuvent être des phénomènes observés ou des mesures.
- Traiter les données : ce type de tâches correspond à appliquer des transformations mathématiques aux données numériques ou des traitements aux images ; c'est ici qu'ont lieu les tâches de modélisation.
- Interpréter les résultats : ce type de tâches est central dans la démarche car c'est ici que la plupart des actions de contrôle (par ex. la vérification de la valeur d'un témoin ou la comparaison du résultat à une référence) sont effectuées.
- Diffuser les résultats : la diffusion peut se faire à destination de l'enseignant et/ou des pairs.

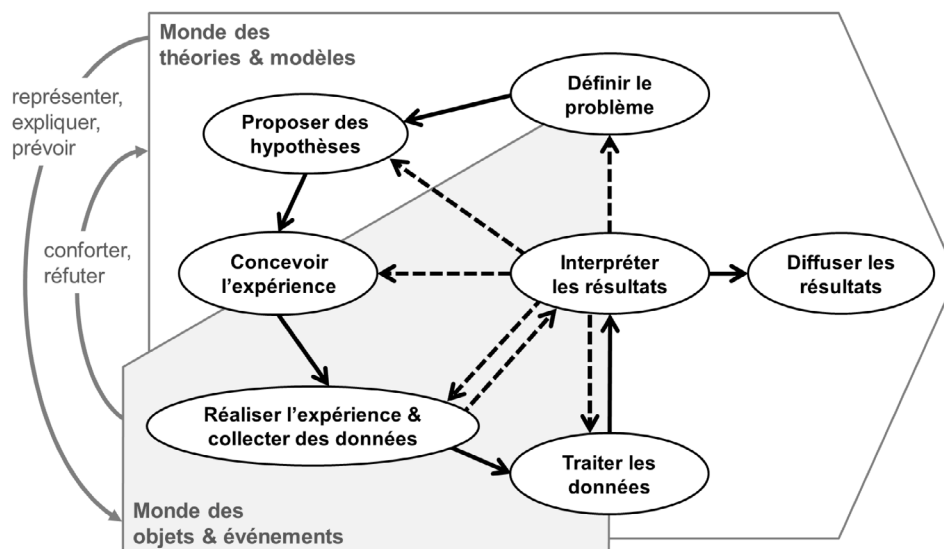


Fig.1. : Une transposition en enseignement de la démarche du scientifique : le cycle expérimental.

Les types de tâches du cycle expérimental sont présentés séquentiellement mais le processus n'est pas nécessairement linéaire : les chemins pointillés sur la figure correspondent aux retours pouvant être effectués par un apprenant, notamment à la suite d'un contrôle évalué négativement. De plus, notre proposition ne signifie pas que tous les types de tâches sont forcément à la charge de l'apprenant : c'est l'enseignant qui décide des tâches devant être réalisées. Ainsi, le cycle expérimental, tel qu'il est proposé ci-dessus, est un modèle de différentes démarches expérimentales et il peut servir d'outil pour caractériser des enseignements expérimentaux ou pour les concevoir.

Situer les sept types de tâches dans les mondes des « théories & modèles » et « des objets & événements » fait apparaître que quatre sont placés à l'interface des deux mondes : Définir le problème, Concevoir l'expérience, Traiter les données et Interpréter les résultats. Nous pensons que ces moments du cycle sont centraux dans la construction de sens par les apprenants car ils les obligent à articuler des concepts ou relations du monde des « théories & modèles » avec des matériels, phénomènes ou mesures du monde des « objets & événements ».

Pour compléter notre transposition des démarches expérimentales du chercheur nous nous basons sur Latour & Woolgar (1979) qui montrent que les chercheurs en science ont pour activité principale de produire et échanger des « inscriptions littéraires ». Autrement dit, l'écriture de documents scientifiques et la communication de ces écrits, à l'intérieur ou à l'extérieur du laboratoire, occupent une place centrale dans l'activité scientifique et dans la construction de nouvelles connaissances. Il apparaît donc important que les apprenants engagés dans des activités expérimentales disposent d'outils d'écriture scientifique et de communication entre pairs.

INGÉNIERIE LOGICIELLE ET TRANSPOSITION INFORMATIQUE

Nous avons développé la plateforme LabNbook pour fournir aux apprenants des outils de production et de communication utiles au cours d'une démarche résultant d'une combinaison des types de tâches de notre cycle expérimental.

Nous avons souhaité laisser un maximum de liberté aux enseignants dans le choix des démarches

qu'ils proposent à leurs élèves. Dans LabNbook, les enseignants définissent des « missions » qui comportent un ensemble de documents et consignes utiles aux apprenants pour leur travail et un ensemble d'étapes qui structurent le travail et donnent accès aux outils de production scientifique. La figure 2. montre l'espace de travail des apprenants pour une mission formée de trois étapes. Dans chaque étape, les apprenants doivent compléter ou ajouter des documents. Selon les missions, l'espace de travail des apprenants correspond à un cahier de laboratoire ou à un rapport scientifique, voire à un intermédiaire fréquemment rencontré en enseignement, le compte-rendu de travaux pratiques.

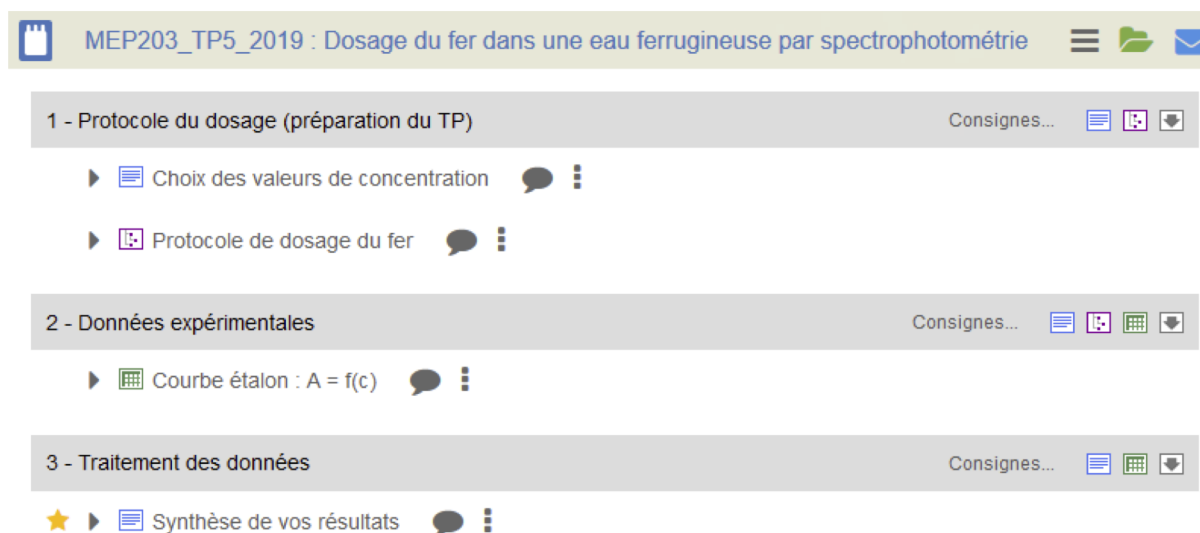






Fig.2. : Exemple de structuration en trois parties de l'espace de travail des apprenants dans LabNbook.

L'espace de travail appartient à une équipe d'apprenants. Tous les membres de l'équipe ont les mêmes droits de modification sur les documents qui peuvent ainsi être le produit d'un travail collaboratif. Pour soutenir cette collaboration, plusieurs outils de communication sont disponibles dans LabNbook :

- une messagerie,
- un porte-document partagé pour échanger des ressources au sein de l'équipe,
- un fil de discussion, associé à chaque document, qui propose un espace de discussion contextualisé au travail de production scientifique,
- un outil d'annotation pour que l'enseignant fournisse des rétroactions aux apprenants sur leur travail.

La plateforme intègre quatre outils de production avec lesquels les apprenants produisent leurs documents de types texte , dessin , protocole expérimental  et tableau de données avec graphiques . Le tableau 2. indique quels documents peuvent être utilisés pour chaque type de tâches du cycle expérimental.

Type de tâches du cycle expérimental	Type de documents			
	textes	dessins	protocoles expérimentaux	tableaux de données & graphiques
définir le problème	x		(x)	
proposer des hypothèses	x	x	(x)	
concevoir l'expérience	x	x	x	
collecter des données	(x)	x		x
traiter les données				x
interpréter les résultats	x	x		
diffuser les résultats	x	x	x	x

Tableau 1. : Utilisation possible des outils de production scientifique dans les types de tâches du cycle expérimental

Le traitement de texte et l'outil de dessin sont des outils génériques. Un éditeur d'équation a été incorporé au traitement de texte et l'outil de dessin intègre des bibliothèques d'images utiles pour les schémas scientifiques (montages de chimie et circuits électriques). Pour deux types de tâches identifiés comme cruciaux, car à la frontière des deux mondes, nous avons développé deux outils innovants : un outil d'élaboration de protocole expérimental et un outil de traitement de données. Nous les présentons plus en détail car c'est ici qu'un travail de transposition informatique a été effectué.

L'outil d'écriture de protocole expérimental correspond principalement au type de tâches Concevoir l'expérience. La conception de cet outil s'appuie sur des recherches montrant l'intérêt de ce type de tâches pour l'apprentissage (Etkina *et al.*, 2010), sa complexité (Berthet *et al.*, 2015) et l'utilité d'un étayage par un outil numérique (Girault & d'Ham, 2014). Dans LabNbook, cet outil est un éditeur de texte structuré. Dans sa configuration par défaut, l'outil demande à l'apprenant, de rappeler (1) la question de recherche ou l'objectif de l'expérimentation et (2) les hypothèses ou les résultats attendus, afin de faire le lien avec les types de tâches Définir le problème et Proposer des hypothèses. Ensuite l'apprenant doit décrire (3) le principe de la manipulation, (4) la liste du matériel et (5) le mode opératoire. Si l'enseignant estime qu'un étayage est nécessaire, il peut proposer une liste de matériels sélectionnables, ainsi qu'un ensemble d'actions prédéfinies à partir desquelles l'apprenant compose son mode opératoire.

L'outil fourni pour gérer les données et créer des graphiques XY correspond aux deux types de tâches Collecter et Traiter les données. L'outil ressemble aux tableurs habituels et, s'il comporte moins de fonctionnalités, il en intègre d'autres spécifiques aux sciences expérimentales et ayant une fonction pédagogique. L'apprenant peut notamment :

- qualifier certaines données « d'aberrantes » : ces données restent visibles mais ne sont pas prises en compte dans les calculs ;
- faire des calculs avec des noms de variables explicites : par exemple, un calcul de vitesse peut s'écrire « vitesse = distance/temps » ;
- afficher des données sur un graphique XY avec des échelles linéaires ou log ;
- ajouter à ces données des barres d'incertitude en X et/ou Y ;
- modéliser les données expérimentales par des fonctions mathématiques paramétrées : les paramètres sont reconnus comme tels par le système et l'apprenant peut modifier leurs valeurs pour ajuster visuellement le modèle mathématique aux points expérimentaux du graphique ; il est aussi possible de contrôler l'ajustement à partir de la valeur affichée de l'écart-type des résidus.

La fonction de modélisation correspond à une recommandation faite par Guillon et Séré (2002) : « Provide students with two types of 'tools', one indispensable to carry out proper data processing and the other for confrontation [with the model] ² ». Un exemple est donné dans la figure 3. : la donnée expérimentale aberrante est représentée par une croix ; deux fonctions linéaires modélisent les enveloppes de la courbe expérimentale ; une troisième fonction ajuste les données expérimentales à l'aide d'un modèle approprié ; sous le graphique sont affichés les choix de l'apprenant (fonctions mathématiques et valeurs des paramètres) ainsi que l'écart-type des résidus.

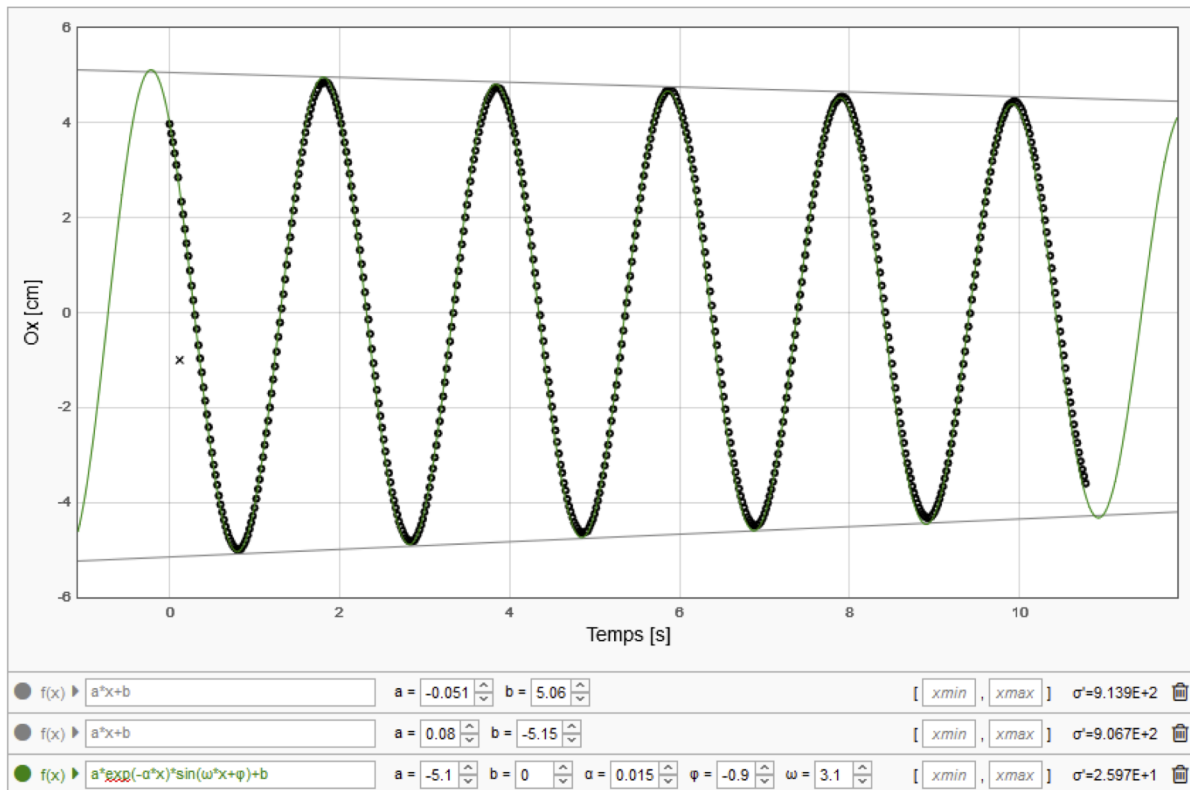


Fig.3. : Utilisation de l'outil tableur-grapheur pour produire une modélisation mathématique des oscillations amorties pseudo-périodiques d'un pendule.

UTILISATION DE LABNBOOK EN SITUATION ECOLOGIQUE

Après huit ans de développement et de test, la plateforme est arrivée à une certaine maturité. À ce stade de développement, notre principale question était de savoir si LabNbook pourrait répondre aux besoins d'enseignants hors de notre laboratoire et si les outils que nous avons développés selon notre conception du cycle expérimental pourraient effectivement soutenir des enseignements basés, au moins partiellement, sur ce cycle. Nous fournissons, dans cette partie, quelques éléments qui répondent à cette question. Une étude longitudinale est en cours qui donnera bientôt des réponses plus détaillées.

À la rentrée 2017, LabNbook a été diffusé à large échelle au sein de l'Université Grenoble Alpes et 25 unités d'enseignement ont adopté la plateforme. À partir de cette date et durant cinq

² Fournir aux étudiants deux types d'outils, l'un indispensable pour effectuer un traitement adéquat des données et l'autre pour la confrontation [avec le modèle].

semestres d'utilisation, 142 enseignants ont encadré 4 359 étudiants sur 325 missions différentes. Ces missions ont donné lieu à la création de 8 686 espaces de travail partagés par autant d'équipes. Ce succès quantitatif indique que LabNbook répond effectivement au besoin d'un outil numérique partagé pour l'écriture scientifique. De plus, les utilisateurs indiquent pour la plupart que la prise en main de la plateforme est simple, notamment au niveau de l'interface étudiant.

Un de nos objectifs, pour LabNbook, était de développer une plateforme ouverte et facilement adaptable par les enseignants à leurs divers besoins pédagogiques. Ceci semble être le cas puisque la plateforme a été utilisée dans toutes les sciences expérimentales (physique, chimie, biologie et sciences de la terre) comme support à des objectifs pédagogiques très divers, allant de l'écriture de comptes-rendus dans le cadre de TP classiques à des séquences ambitieuses d'apprentissage par problème (Hoffmann *et al.*, 2019).

Nous pensions que la communication entre étudiants serait importante dans la production de leurs écrits scientifiques sur LabNbook. Nos résultats ne corroborent pas cette hypothèse : sur cinq semestres d'utilisation, 2 233 messages et 2 602 commentaires (messages attachés à une production) ont été postés par les étudiants sur la plateforme. Ces chiffres sont faibles en regard de l'utilisation de la plateforme. Il est très probable que la communication entre étudiants passe par d'autres canaux que ceux proposés dans LabNbook. Il en va différemment pour la communication allant des enseignants vers les étudiants : sur cinq semestres, les enseignants ont produit 33 759 annotations sur les documents des étudiants. Ce chiffre témoigne de l'intérêt des enseignants pour un outil numérique permettant d'annoter les travaux des étudiants de façon aisée et tout au long du processus d'écriture. Cette facilité d'utilisation est renforcée par le fait que l'outil d'annotation de LabNbook rappelle aux enseignants leurs annotations faites dans des contextes similaires et permet leur réutilisation.

Nous nous sommes posé la question du choix des outils fait par les utilisateurs pour écrire leurs documents scientifiques. Dans le tableau 1., nous avons détaillé le champ d'application, dans le cycle expérimental, de chaque outil d'écriture proposé dans LabNbook. Les outils de texte et dessin sont ceux qui ont le champ d'application le plus large. De plus, ces outils sont aisément identifiables par les utilisateurs car ils correspondent à des outils largement utilisés dans les suites bureautiques. Nous nous attendions donc à ce qu'ils soient choisis le plus fréquemment avant l'outil de gestion des tableaux de données et graphiques, puis l'outil d'écriture de protocoles. Nous avons compté pour chaque discipline, le nombre de documents, selon leur type, produits par les étudiants sur les cinq semestres d'utilisation (cf. tableau 2.).

	Toutes disc.	Physique	Chimie	Biologie	Sc. terre
Textes	51 288 – 53 %	35 216 – 46 %	7 688 – 69 %	7 473 – 92 %	628 – 61 %
Tableaux et graphiques	20 355 – 21 %	18 365 – 24 %	1 865 – 17 %	10 – 0 %	68 – 7 %
Dessins	14 987 – 15 %	12 845 – 17 %	1 215 – 11 %	539 – 7 %	332 – 32 %
Protocoles exp.	10 135 – 10 %	9 523 – 13 %	442 – 4 %	92 – 1 %	0 – 0 %

Tableau 2. : Nombre de documents utilisés par les étudiants de sept. 2017 à aout 2019, classés selon leur type et selon la discipline enseignée.

Comme attendu, l'outil le plus utilisé dans la plateforme est le traitement de texte. En effet, cet outil peut être utilisé dans quasiment tous les types de tâches du cycle expérimental. L'outil

tableur-grapheur est le second en termes de fréquence d'usage. Il est principalement utilisé dans les missions de physique et chimie où l'activité de modélisation mathématique a souvent une place importante. Plusieurs enseignants nous ont d'ailleurs fait part de leur intérêt pour cette fonctionnalité de modélisation car elle permet aux étudiants d'appréhender la signification des paramètres d'un modèle. En effet, dans l'outil, les étudiants peuvent aisément modifier les valeurs des paramètres d'un modèle mathématique et observer l'évolution de la forme de la courbe, c'est-à-dire l'influence du paramètre sur le modèle. Concernant l'outil d'écriture de protocole, nous nous attendions à ce qu'il soit le moins utilisé et cela est confirmé par nos résultats. Cet outil n'a pas d'équivalent et, comme cela est observé dans les innovations, son utilité n'est probablement pas reconnue d'emblée par les utilisateurs qui ont tendance à privilégier des outils familiers. Par ailleurs, la conception d'expérimentations est une activité complexe pour les apprenants et elle n'est pas mise en œuvre dans toutes les missions. Le fait que cet outil représente tout de même 10 % des utilisations est notable.

CONCLUSION

LabNbook est un environnement numérique qui permet à des apprenants de produire collaborativement des documents scientifiques. Cette plateforme peut apporter un support au niveau de tous les types de tâches du cycle expérimental, selon les choix pédagogiques effectués par les enseignants. Nos travaux en cours cherchent à évaluer les transformations induites par LabNbook, d'une part, sur les activités pédagogiques proposées par les enseignants et, d'autre part, sur la conduite de ces activités par les apprenants. Nous investiguons plusieurs questions de recherche pour lesquelles le corpus est en cours d'acquisition et dont les résultats dépassent le cadre de cette communication. Ces questions sont les suivantes :

- Quels sont les facteurs qui déterminent l'acceptation et l'adoption de la plateforme par les enseignants ? Notre hypothèse est la suivante : malgré une réticence de certains enseignants à utiliser de nouveaux outils numériques, ils adoptent LabNbook car la plateforme permet la mise en place d'activités pédagogiques qui seraient difficilement réalisables autrement. Dans ce cadre, le processus d'instrumentalisation (Rabardel, 1995) semble jouer un rôle important ; en effet, nous avons observé des activités proposées sur LabNbook que nous n'avions pas anticipées lors de la conception de la plateforme.
- La plateforme LabNbook apporte-t-elle un support aux enseignants et apprenants engagés dans des enseignements « centrés-étudiant » ? Nous faisons deux hypothèses : (i) LabNbook est un support pour les pédagogies centrées-étudiant, i.e. des pédagogies dans lesquelles l'enseignant donne plus d'autonomie et de responsabilité aux apprenants sur la conduite de leurs activités et de leurs apprentissages ; (ii) l'utilisation de la plateforme peut, au fil des cycles d'enseignement, amener les enseignants à transformer leur pédagogie vers plus de « centrage-étudiant ».
- Quels sont les types de tâches du cycle expérimental que les enseignants donnent à réaliser aux étudiants ? Notamment, quelle part est donnée aux tâches de conception d'expériences (Girault et al., 2012) et de modélisation de données expérimentales (Guillon & Séré, 2002) ?
- Quelle forme prend la collaboration entre étudiants pour l'écriture de documents scientifiques sur LabNbook (Onrubia & Engel, 2009) et quels sont les effets sur la réussite à la tâche ?

Nous menons actuellement une étude longitudinale (Mandran *et al.*, 2019) sur l'utilisation de LabNbook à l'Université Grenoble Alpes sur cinq semestres. Le corpus de données est constitué des traces d'utilisation de la plateforme par les différents types d'utilisateurs, des missions produites par les enseignants, de questionnaires de satisfaction passés auprès des étudiants, d'entretiens annuels avec les responsables d'enseignement et d'un questionnaire baromètre passé annuellement auprès de tous les enseignants (Planche *et al.*, 2019).

LabNbook est développé sous licence libre et nous souhaitons promouvoir son utilisation hors de notre établissement. Nous envisageons aussi LabNbook comme un outil de recherche qui pourrait être utilisé par d'autres laboratoires que le nôtre. LabNbook a ainsi été choisi comme plateforme support pour le projet Apaches (Vermeulen *et al.*, 2019).

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous les enseignants, et notamment les pionniers, qui ont accepté d'intégrer LabNbook dans leurs enseignements. Le développement de LabNbook est possible grâce aux soutiens accordés par les projets IDEX-Formation de la COMUE Grenoble Alpes et Appel à Manifestation d'Intérêt « Transformation pédagogique et numérique » du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

BIBLIOGRAPHIE

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Balacheff, N. (1993). La transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde, & P. Tavinot (Éd.), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France* (pp. 364-370). Grenoble : La Pensée Sauvage. <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190646/document>
- Berthet, A., Girault, I. & d'Ham, C. (2015). Difficultés d'élèves pour élaborer un protocole expérimental : Un exemple en classe de terminale S. *Le Bup*, 109(978), 1395-1408.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? : A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616. <https://doi.org/10.1002/sce.20390>
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- de Jong, T., Linn, M. C. & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- de Jong, T., Sotiriou, S. & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: The Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>
- de Jong, T., van Joolingen, W. R., Giemza, A., Girault, I., Hoppe, U., Kindermann, J., Kluge, A., Lazonder, A. W., Vold, V., Weinberger, A., Weinbrenner, S., Wichmann,

- A., Anjewierden, A., Bodin, M., Bollen, L., d'Ham, C., Dolonen, J., Engler, J., Gerardts, C., ... Van Der Zanden, M. (2010). Learning by creating and exchanging objects: The SCY experience. *British Journal of Educational Technology*, *41*(6), 909-921. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01121.x>
- Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *Aster*, *8*, 3-15.
- Eblen-Zayas, M. (2015). Comparing Electronic and Traditional Lab Notebooks in the Advanced Lab. *2015 BFY Proceedings*, 28-31. <https://advlabs.aapt.org/items/detail.cfm?ID=13799>
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R., & Hmelio-Silver, C. E. (2010). Design and Reflection Help Students Develop Scientific Abilities : Learning in Introductory Physics Laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, *19*(1), 54-98. <https://doi.org/10.1080/10508400903452876>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Girault, I. & d'Ham, C. (2014). Scaffolding a Complex Task of Experimental Design in Chemistry with a Computer Environment. *Journal of Science Education and Technology*, *23*(4), 514-526. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9481-5>
- Girault, I., d'Ham, C., Ney, M., Sanchez, E. & Wajeman, C. (2012). Characterizing the Experimental Procedure in Science Laboratories: A preliminary step towards students experimental design. *International Journal of Science Education*, *34*(6), 825-854. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.569901>
- Guillon, A. & Séké, M. (2002). *The Role of Epistemological Information in Open-ended Investigative Labwork*. In *Teaching and learning in the science laboratory* (Kluwer). D. Psillos & H. Niedderer.
- Hannafin, M. J. & Hannafin, K. M. (2010). Cognition and Student-Centered, Web-Based Learning: Issues and Implications for Research and Theory. In J. M. Spector, D. Ifenthaler, P. Isaias, Kinshuk & D. Sampson (Éd.), *Learning and Instruction in the Digital Age* (pp. 11-23). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1551-1_2
- Hoffmann, C., Girault, I., Kahane, C., d'Ham, C. & Planche, M. (2019, juin). Utilisation d'une plateforme numérique dans un dispositif d'apprentissage par problèmes (APP). *Question de Pédagogies dans l'Enseignement Supérieur (QPES)*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02058709>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education : Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, *88*(1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work : An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, *41*(2), 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Latour, B. & Woolgar, S. (1979). *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*. Paris : La Découverte.
- Léna, P. (2018). La pédagogie d'investigation et l'enquête PISA 2015. *Le Bup*, *112*(1000), 7-32.
- Mandran, N., Marzin-Janvier, P., Planche, M., Karoui, A. & Girault, I. (2019). Processus d'évaluation longitudinale (PEL) d'une plateforme pédagogique (LMS) : Le

- cas de LabNbook. *Actes de la 9ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, 133-138. https://eiah2019.sciencesconf.org/data/pages/ActesEIAH2019_V4.0.pdf
- Onrubia, J. & Engel, A. (2009). Strategies for collaborative writing and phases of knowledge construction in CSCL environments. *Computers & Education*, *53*(4), 1256-1265. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.06.008>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning : Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Planche, M., Girault, I., Mandran, N., Marzin-Janvier, P., d'Ham, C. & Wajeman, C. (2019). Contribution de différents outils de mesure à l'évaluation des usages d'une plateforme numérique par un processus longitudinal : Cas du travail à distance. *Actes de la 9ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, 139-144. https://eiah2019.sciencesconf.org/data/pages/ActesEIAH2019_V4.0.pdf
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01017462>
- Richoux, H. & Beaufiles, D. (2005). Conception de travaux pratiques par les enseignants : Analyse de quelques exemples de physique en termes de transposition didactique. *Didaskalia*, *27*, 11-39.
- Rocard, M. (2007). *Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe*. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-onscience-education_en.pdf.
- Séré, M. & Beney, M. (1997). Le fonctionnement intellectuel d'étudiants réalisant des expériences : Observation de séances de travaux pratiques en premier cycle universitaire scientifique. *Didaskalia*, *11*, 73-100.
- Slotta, J. D. & Linn, M. C. (2009). *WISE Science: Web-Based Inquiry in the Classroom*. Teachers College Press.
- Tiberghien, A., Vince, J. & Gaidioz, P. (2009). Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, *31*(17), 2275-2314. <https://doi.org/10.1080/09500690902874894>
- Vermeulen, M., Karami, A., Fleury, A., Bouchet, F., Mandran, N., Laval, J. & Labat, J.-M. (2019). APACHES : Human-Centered and Project-Based Methods in Higher Education. In M. Scheffel, J. Broisin, V. Pammer-Schindler, A. Ioannou & J. Schneider (Éd.), *Transforming Learning with Meaningful Technologies* (pp. 683-687). Springer International Publishing.
- Zacharia, Z. C., Manoli, C., Xenofontos, N., de Jong, T., Pedaste, M., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Mäeots, M., Siiman, L. & Tsourlidaki, E. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: A literature review. *Educational Technology Research and Development*, *63*(2), 257-302. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9370-0>

TRANSPPOSITION DIDACTIQUE EN CONTEXTE DE JEU

ETUDE D'UN JEU NUMÉRIQUE SUR L'ANTHROPOCÈNE

POUR UNE VISITE SCOLAIRE DE MUSÉE

Catherine Bonnat¹, Eric Sanchez¹, Elsa Paukovics¹
1 : LIP-CERF, Université de Fribourg, Suisse

Résumé : Notre contribution porte sur l'étude du jeu numérique Pearl Arbor qui propose une situation d'apprentissage sur le thème de l'Anthropocène. Ce jeu, destinée à des élèves de 12 à 15 ans du cycle d'orientation suisse, est proposé dans le cadre d'une visite scolaire d'un musée de la Nature. En nous appuyant sur le cadre de la transposition didactique, notre objectif est de questionner la légitimité des savoirs en jeu et d'identifier les contraintes à l'origine de leurs transformations. Basé sur une analyse écologique des savoirs relatifs à l'Anthropocène, nous caractérisons le processus de transposition externe en identifiant les choix réalisés dans la conception du plan d'études suisse. Ensuite, nous décrivons la transposition interne en analysant les choix effectués lors de la co-conception du jeu. Les résultats montrent comment le plan d'études intègre la multitude d'objets de savoirs relatifs à l'Anthropocène et comment les spécificités du contexte de jeu à travers le processus de ludicisation contraignent les choix effectués lors de sa conception.

Mots-clés : anthropocène, transposition didactique, jeu, musée, plan d'études romand.

DIDACTIC TRANSPPOSITION AND LEARNING GAME DESIGN

STUDY OF A GAME PLAY ABOUT ANTHROPOCENE

IN A SCHOOL VISIT CONTEXT IN A MUSEUM

Abstract : Our contribution deals with a study of Pearl Arbor, a game about Anthropocene. This game is dedicated to students from 12 to 15 years old (lower secondary school). It is used in a school visit context in a Swiss museum. Using the didactic transposition framework, our objective is to question the knowledge legitimacy and to identify its transformation due to several constraints. Based on an ecological analysis of the knowledge relating to the Anthropocene concept, we characterize the external transposition process by identifying the choices made for the Swiss curriculum design. Then, we describe the internal transposition by analyzing choices made during the co-design of the game. Results show how the curriculum integrates the multitude of knowledge objects related to this recent and complex concept, and how through the ludicization process, the game context specificities constrain choices made for its design.

Keywords : anthropocene, didactic transposition, game play, museum, curriculum.

INTRODUCTION

La question de la conception de situations d'apprentissage permettant à des élèves de s'engager dans la résolution de problèmes interdisciplinaires complexes a été abordée, dans certains travaux, sous l'angle de la conception de jeux. D'un point de vue didactique, les jeux peuvent constituer des dispositifs favorisant l'appropriation des problèmes proposés par l'enseignant et l'autonomie des apprenants (Brown et al., 2004 ; Marne et al., 2011 ; Gonçalves et al., 2011). Néanmoins, le problème de la légitimation des savoirs mobilisés dans ce contexte reste central. Notre étude vise à examiner le concept de transposition didactique (Chevallard, 1985) en analysant de quelle manière il est pris en compte pour concevoir un jeu.

La conception d'un jeu ne se limite pas à créer un artefact ludique en s'appuyant sur des mécaniques de jeu, mais à concevoir un espace au sein duquel l'apprenant interagit en attribuant un sens ludique à ses interactions. Ce processus s'appuie sur le concept de ludicisation développé dans les travaux de Sanchez, Young et Jouneau-Sion (2015).

Le jeu Pearl Arbor que nous analysons, destiné à des élèves de cycle 3 (12-15 ans), est utilisé en contexte de visite scolaire au musée de la Nature à Sion (Suisse). Il porte sur l'Anthropocène. Nous proposons une analyse du jeu et de sa conception, basée sur le cadre de la transposition didactique. Ainsi, après avoir défini l'Anthropocène comme objet de savoir du point de vue de la communauté scientifique, nous explicitons le cadre théorique utilisé. Ensuite, nous présentons la méthodologie de recherche utilisée pour la conception du jeu et celle utilisée spécifiquement pour l'analyse des savoirs. Enfin, nous présentons et discutons les résultats de l'analyse de la transposition didactique, relativement aux questions de recherches.

CADRE THEORIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

Nous présentons d'abord le concept d'Anthropocène tel qu'il est défini par la communauté scientifique et qui constitue le point de départ du processus de transposition didactique.

L'ANTHROPOCÈNE, UN CONCEPT RÉCENT ET COMPLEXE

Le terme d'Anthropocène a été proposé en 2000 pour caractériser l'impact majeur des activités humaines sur le système-Terre. Ce concept est débattu depuis 2009, afin d'ajouter un nouvel étage à l'échelle des temps géologiques (Waters et al., 2016). Des suggestions sur la limite inférieure de cet étage ont été proposées (révolution agricole «néolithique», révolution industrielle...), et un consensus a été trouvé avec l'utilisation des isotopes radioactifs liés aux essais nucléaires comme marqueur stratigraphique (Subramanian, 2019). En 2021, une proposition formelle sera formulée dans ce sens à la commission internationale de stratigraphie. Le terme d'Anthropocène n'est donc pas encore stabilisé et fait toujours l'objet de débats dans la communauté scientifique.

L'Anthropocène ne décrit pas seulement une position stratigraphique controversée, mais permet également de situer des changements environnementaux globaux si intenses qu'ils influencent l'histoire de la Terre. L'étude des causes de ces phénomènes questionne non seulement, les sciences de la nature, mais également la dimension anthropologique de ce concept, c'est-à-dire la relation entre les sociétés et l'environnement. Cette question de rapport à l'environnement mobilise des connaissances de différentes disciplines telles que l'histoire, la sociologie, l'anthro-

pologie, la géographie et la philosophie, qui permettent de découvrir et décrire des cultures et modes de pensée différents. Ces découvertes confèrent à l'Anthropocène une dimension évolutive à travers l'espace et le temps.

Les connaissances en jeu, qu'elles soient issues des sciences humaines ou des sciences de la nature, sont cependant bien établies dans les communautés scientifiques (biodiversité, systémique, modernité...).

Dans un contexte d'éducation, la question d'enseigner un concept multidisciplinaire et encore discuté dans la communauté scientifique, se pose. De plus, la multiplicité des sujets d'études relatifs à l'Anthropocène implique de faire des choix difficiles pour la conception des programmes et des activités destinées aux élèves. Nous avons mobilisé le cadre théorique de la transposition didactique afin d'analyser la manière dont ces choix sont effectués.

CADRE DE LA TRANSPOSITION DIDACTIQUE

Développé par Chevallard dans les années 80 en mathématiques, ce cadre a également été repris en sciences (Joshua, 1996 ; Perrenoud, 1998). Il aborde deux questions fondamentales : la légitimation des savoirs enseignés et l'écart avec les savoirs savants (Chevallard & Joshua, 1982). En effet, les contraintes institutionnelles dans lesquelles vivent ces savoirs, les modifient et les transformations qui affectent les savoirs lorsqu'ils transitent d'une institution à l'autre constituent la transposition didactique. Ainsi, on peut distinguer les savoirs savants produits par la communauté scientifique, les savoirs à enseigner produit de la noosphère (instructions officielles) et les savoirs enseignés par l'enseignant (Chevallard, 1985).

La transposition dite « externe » décrit les transformations d'un savoir de référence en savoir à enseigner. Pour les analyser, Chevallard introduit le concept d'écologie des savoirs, qui consiste à définir les objets de savoirs selon leur(s) habitat(s) (les lieux où on peut trouver un objet), leur(s) niche(s) (place fonctionnelle occupée par ces objets) et l'écosystème (lieu réunissant les conditions écologiques où un objet peut vivre en relation avec d'autres) dans lequel ils se trouvent. « Pour vivre de manière stable, un objet de savoir doit être relié vers le haut (outil de) et vers le bas (outillé par) à d'autres objets du savoir considéré » (Coulange, 1997, p. 37). Ce concept s'appuie sur l'existence d'un rapport institutionnel entre un objet (produit de l'activité humaine) et une institution (Chevallard, 1992). Conformément au cadre utilisé, nous considérons l'Anthropocène comme un objet de savoir.

La transposition « interne » consiste à décrire l'évolution et les écarts entre les savoirs issus des instructions officielles et les savoirs enseignés. Dans notre étude, les savoirs enseignés sont ceux mobilisés dans le jeu Pearl Arbor, qui s'utilise dans le cadre d'une visite scolaire au musée de la Nature (Sion).

Relativement à l'Anthropocène et au contexte particulier de jeu, nous nous posons les questions suivantes :

- Quels sont les écarts identifiés entre le savoir savant et les savoirs à enseigner ? Cet écart pose-t-il une question de légitimation du fait qu'il concerne un concept encore scientifiquement très débattu ?
- De même, quelles transformations ces savoirs subissent-ils lors de la conception du jeu ?

MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Le travail que nous avons mené comprend l'articulation de deux approches méthodologiques. Nous explicitons d'abord la méthodologie mobilisée pour décrire la manière dont les savoirs savants sont pris en compte dans le Plan d'Études Romand (CIIP, 2010¹) utilisé pour la conception du jeu. Ensuite, nous présentons la méthodologie de recherche à travers laquelle la conception et le développement du jeu Pearl Arbor ont été réalisés : la recherche orientée par la conception (ROC). C'est sur ces deux démarches méthodologiques que reposent les analyses de la transposition didactique externe et interne.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DE LA TRANSPOSITION DIDACTIQUE EXTERNE

Nous nous plaçons ici du côté des savoirs savants relatifs à l'Anthropocène. Concernant la transposition externe, nous mobilisons le cadre développé par Chevillard en réalisant une analyse écologique du plan d'études du cycle 3 (12-15 ans). Nous avons dans un premier temps relevé les objets de savoirs qui se réfèrent à l'Anthropocène en réalisant une lecture analytique du plan d'études romand (PER). Nous avons ensuite catégorisé ces objets de savoirs en identifiant leurs habitats (place(s) occupée(s) dans le PER), niches (rôle fonctionnel des objets de savoirs) et écosystèmes (lieux réunissant les conditions écologiques où un objet peut vivre en relation avec d'autres). Enfin, nous avons comparé les objets de savoirs et leurs relations, identifiés dans le PER, avec ceux produits par la communauté scientifique (savoirs savants). Ces écarts peuvent être la conséquence de choix réalisés par la noosphère lors de la conception du PER.

Le plan d'études romand s'organise en différentes parties et nous centrons notre analyse sur la formation générale (FG) et plus précisément, le pôle « interdépendance », les formations disciplinaires en sciences naturelles (SN) et en sciences humaines et sociales (SHS).

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE ORIENTÉE PAR LA CONCEPTION

Le projet de recherche dans lequel s'inscrit cette étude, utilise une méthodologie de recherche orientée par la conception (Design-Based Research Collective, 2003 ; Sanchez & Monod-Ansaldi, 2015) qui consiste à enrichir les théories scientifiques à partir du développement de dispositifs éducatifs. L'analyse de la collaboration entre chercheurs et praticiens permet, notamment, de porter un regard réflexif sur les décisions prises du point de vue de la transposition didactique interne (Wang & Hannafin, 2005). Dans le cas présent, la conception collaborative et itérative du jeu Pearl Arbor guide et interroge la question de la transposition didactique des savoirs. Il s'agit d'un processus :

- contributif : des ateliers sont dédiés à la conception d'un jeu et à sa mise en œuvre dans un scénario d'apprentissage. La transposition didactique et la ludicisation sont discutées par les participants ;
- collaboratif : des ateliers sont consacrés à la conception de jeux et à l'analyse des données. Il est attendu que les chercheurs et les praticiens développent une compréhension commune du contexte théorique de la ludicisation et parviennent à un accord pour la conception du jeu ;
- itératif : la conception du jeu résulte de plusieurs étapes qui combinent des phases de conception et d'analyse. L'expérimentation dans des contextes naturalistes a été rendue possible par la participation de praticiens impliqués dans l'ensemble du processus. Le jeu et le scénario ont été testés dans le musée.

1 Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin. <https://www.plandetudes.ch/>

Les comptes rendus des réunions de l'équipe ainsi que les documents de travail produits pour le développement du jeu (synopsis, maquettes du jeu), ont été analysés selon le cadre de la transposition didactique utilisé dans cette étude. Nous avons pour cela identifié les objets de savoirs constitutifs du jeu, que nous avons croisés avec les éléments du plan d'études romand. De plus, nous avons recensé les contraintes liées au contexte de situation de jeu pour une visite de musée, afin d'explicitier certains choix opérés.

Cependant, nous n'explicitons pas dans cette communication, l'analyse des négociations entre acteurs (praxéologies partagées) issue des discours pendant les séances de conception.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Après avoir caractérisé les éléments de la transposition externe, nous les discutons au regard des questions de recherche. Puis nous développons les résultats de la transposition interne en contexte de jeu qui constitue l'originalité de cette étude.

LE CONCEPT D'ANTHROPOCÈNE DANS LE PLAN D'ÉTUDES ROMAND

Bien qu'il n'y soit jamais explicitement nommé, l'Anthropocène se retrouve dans une multitude d'objets de savoir explicités dans les contenus disciplinaires (figure 1.), des sous-ensembles de sciences de la nature (SN) et de sciences humaines et sociales (SHS). Ces objets pluridisciplinaires apparaissent dans des habitats tels que « Le vivant et écosystèmes » (SN 38) ou « Renaissance à 1914 » (SHS 32). Ils s'organisent, quelle que soit la discipline concernée, selon une échelle d'étude (biologique, temporelle, spatiale, sociétale). Néanmoins, l'échelle des temps géologiques, dimension clef de l'Anthropocène, n'est pas mentionnée. Les liens possibles entre les habitats d'un objet sont clairement annoncés sans pour autant être explicités.

Tous ces objets trouvent leur fonction dans des niches disciplinaires au sein du même habitat. Par exemple, en SN, l'étude de l'objet « espèce » se retrouve dans plusieurs niches « niveau d'organisation de la vie », « transmission de l'information », « origine de la biodiversité ». Le plan d'études ne cible pas uniquement les objets de savoirs, mais aussi leurs liens et leurs fonctions afin de répondre à des problématiques laissées au choix de l'enseignant.

En effet, un des objectifs est, par l'utilisation des objets de savoir, de traiter des problématiques et de montrer l'interdépendance sociale, politique et environnementale de ces objets. Nous caractérisons ainsi comme descriptive de l'écosystème, la partie du plan d'études nommée « interdépendance » de la formation générale qui vise à initier les élèves à la complexité du monde. Une liste de thèmes au choix est proposée et certains objets d'étude y sont nommés (ex. empreinte écologique, réchauffement global), sans pour autant être décrits.

Une autre caractéristique de cet écosystème est qu'il renvoie au développement personnel de l'élève « La FG a été construite autour du « rapport à soi... aux autres... et au monde », c'est à dire que l'ensemble de l'acquisition des objets de savoir, de leur fonction et de leur interrelation, participe au développement personnel de l'élève. La connaissance des objets de savoir est nécessaire pour comprendre le traitement « de problématiques liées aux rapports entre les hommes et l'environnement » (FG, p. 23) et de pouvoir agir en identifiant les conséquences des choix effectués.

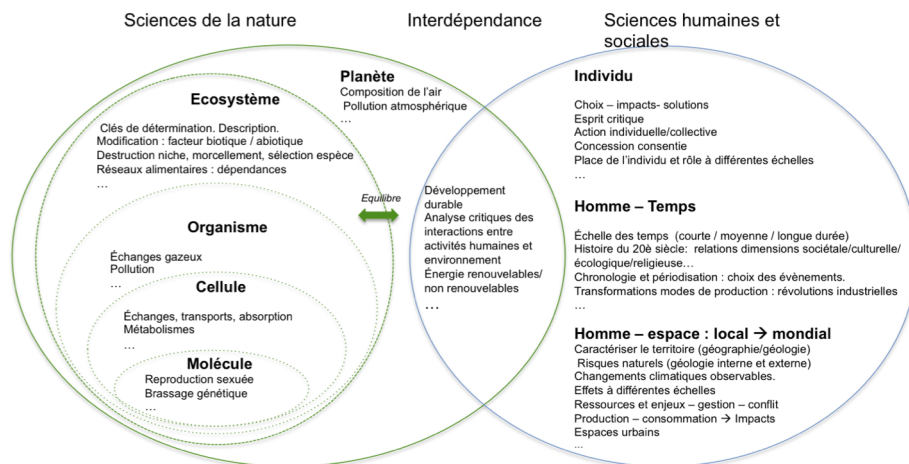


Figure 1. : identification et organisation des principaux objets de savoir dans le PER (cycle 3), parties sciences de la nature, sciences humaines et sociales et interdépendance.

L'Anthropocène fait ainsi référence à une longue liste d'objets de savoirs interdépendants au sein d'un écosystème peu développé. Nous faisons l'hypothèse que l'absence d'une description fine de l'écosystème, qui constitue une lacune dans le PER, pourrait être liée à la complexité et à la multidisciplinarité de ce concept. Il revient à l'enseignant de travailler ces liens à partir d'un large choix de problématiques à traiter. Ceci va à l'encontre du texte fondateur de Chevallard (1985, dans Arzac, 1992) qui écrit « l'enseignant ne choisit pas ... mais se limite à la rédaction du texte de savoir déterminé (mais non écrit) par le travail de la noosphère » (p. 17). Le plan d'études décrit des savoirs savants reconnus (objets de savoirs scientifiques) mais l'écosystème même (les problèmes que ces savoirs permettent de traiter) n'est pas explicité, ce qui pourrait être la conséquence d'un concept encore débattu dans la communauté scientifique. L'absence de l'étude stratigraphique de l'Anthropocène dans le PER (objet de nombreuses controverses) corrobore cette hypothèse.

Ainsi, bien que l'analyse révèle globalement une adéquation entre les objets de savoirs produits par la communauté scientifique avec ceux décrits dans le programme, la présence de lacunes dans le PER, (conséquence de choix de la noosphère), qui concernent principalement les liens entre ces mêmes objets pour l'étude de phénomènes globaux, soulève une question de légitimation au niveau de la communauté scientifique.

SCÉNARISATION D'UNE SITUATION D'APPRENTISSAGE AVEC LE JEU PEARL ARBOR

Pearl Arbor est un jeu d'équipe qui utilise des tablettes numériques. Il comprend deux phases. Tout d'abord, les élèves sont amenés à capturer ou domestiquer, en les photographiant, les animaux présents dans le musée. La conséquence de ce comportement est la perte collective de points de vie, représentant la quantité de ressources naturelles disponibles. La première phase du jeu se termine lorsqu'il n'y a plus de ressources. Après un court débriefing, les élèves peuvent commencer la 2^{ème} phase du jeu dans laquelle ils sont amenés à enquêter sur les objets exposés. Les réponses correctes permettent un gain collectif de points. Un débriefing final permet d'institutionnaliser les savoirs en jeu.

Ainsi, au cours du jeu les élèves adoptent deux postures successives : celle de chasseur, puis celle de chercheur. En effet, les objets de savoirs qui constituent la première partie du jeu sont

essentiellement axés sur l'impact des actions individuelles/collectives sur la disponibilité des ressources naturelles. De plus, ces actions reposent uniquement sur un lien de prédation, ce qui est discuté pendant la phase de débriefing. En effet, la conception du scénario pédagogique s'appuie sur l'expérience vécue pendant le jeu pour se questionner sur son rapport à la nature, ses choix individuels ou collectifs et leurs conséquences à différentes échelles (locale ou globale). Nous retrouvons ces éléments dans la partie sciences humaines et sociales du PER et plus particulièrement, avec l'objectif de développement personnel. La deuxième partie du jeu quant à elle, vise à mettre l'élève dans une position de chercheur en le plaçant dans une démarche réflexive. En effet, à travers la résolution d'enquêtes, l'élève est amené à se questionner sur la complexité du monde qui l'entoure (systémique) à travers l'identification de diverses interactions au niveau de la biocénose, mais également avec le biotope. Les objets de savoir en jeu se retrouvent essentiellement dans la partie sciences de la nature du PER. Cependant, pour résoudre les enquêtes qui portent sur l'étude d'un phénomène global, les élèves sont amenés, à travers une démarche réflexive, à relier les objets de savoirs mobilisés.

Les contraintes qui ont induit des choix lors de la conception du jeu sont liées à la muséographie d'une part, mais aussi au processus de ludicisation (Sanchez, Young & Jouneau-Sion, 2015) de la situation d'apprentissage, c'est-à-dire la création d'un espace réflexif ludique avec lequel l'élève interagit. Ce processus repose sur l'idée de métaphore qui est une forme épurée (situation concrète) de la situation de référence (situation abstraite). La métaphore permet de comprendre quelque chose et d'en faire l'expérience en termes de quelque chose d'autre (Lakoff & Johnson, 2003). Le débriefing et plus particulièrement, l'institutionnalisation (Sanchez & Plumettaz-Sieber, 2018), permettent le retour à la situation de référence en décontextualisant les savoirs.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'Anthropocène, du fait de son émergence, reste un concept complexe et évolutif du point de vue de la communauté scientifique. Il ressort dans le plan d'études romand, la présence d'une multitude d'objets de savoirs disciplinaires qui ne sont cependant pas explicitement reliés. En effet, l'étude de phénomènes globaux qui caractérisent l'Anthropocène, présente dans une partie spécifique du plan d'études romand, n'est pas pour autant décrite.

L'analyse du jeu fait ressortir une adéquation avec les objectifs du plan d'études et pourra être enrichie en intégrant l'analyse des savoirs appris à partir des expérimentations in situ menées au musée. De plus, l'analyse de données complémentaires (enregistrements vidéos) liées au processus de recherche orientée par la conception, non présentée dans cette communication, permettra de compléter et d'explicitier le processus de négociations à l'origine des choix opérés lors de la conception du jeu. Enfin, la prise en compte des spécificités du contexte de jeu à travers le processus de ludicisation et plus particulièrement, la métaphorisation, ouvre de nouvelles perspectives en termes d'apport et d'évolution du cadre de la transposition didactique en contexte de jeu.

BIBLIOGRAPHIE

- Arsac, G. (1992). L'évolution d'une théorie en didactique : l'exemple de la transposition didactique, *Recherches en didactique des mathématiques*, 12(1), 7-32.
- Brown, JS., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educl Researcher*, 18(1), 32-42.

- Chevallard, Y. (1985). *La Transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage éditions.
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12(1), 73–112.
- Chevallard, Y. & Johsua, M.-A. (1982). Un exemple d'analyse de la transposition didactique – La notion de distance. *Recherches en didactique des mathématiques*, 3(2), 157-239.
- Coulange, L. (1997). Les problèmes “concrets” à “mettre en équation” dans l’enseignement. *Petit x*, 47, 33-58.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Gonçalves, C., Croset, M., Ney, M., Balacheff, N., Schwartz, C. & Bosson, J. (2011). Authenticité d’un jeu sérieux : un modèle pour la conception et pour l’analyse. *Revue d’intelligence artificielle*, 25(2), 281-308.
- Joshua, S. (1996). Le concept de transposition didactique n’est-il propre qu’au mathématique ? In C. Raisy & M. Caillot (Eds.), *Au-delà des didactiques, le didactique. Débats autour de concepts fédérateurs* (pp. 61-73). Bruxelles : De Bœck.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (2003). *Metaphors We Live By*. Chicago: University of Chicago Press.
- Marne, B., Huynh-Kim-Bang, B. & Labat, J.-M. (2011). Articuler motivation et apprentissage grâce aux facettes du jeu sérieux. *Actes de la conférence sur les Environnements informatiques pour l’apprentissage humain (EIAH)*, 69-80.
- Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir de pratiques : des savoirs aux compétences. *Revue des sciences de l’éducation*, 24(3), 487-514.
- Sanchez, E., Young, S. & Jouneau-Sion, C. (2015). Classcraft : de la gamification à la ludicisation. *Actes de la conférence sur les Environnements informatiques pour l’apprentissage humain (EIAH)*, 360-371.
- Sanchez, E. & Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d’enseignement-apprentissage. *Éducation & Didactique*, 9(2), 73-94.
- Sanchez, E. & Plumettaz-Sieber, M. (2018). Teaching and Learning with Escape Games from Debriefing to Institutionalization of Knowledge. *Games and Learning Alliance*, 242-253.
- Subramanian, M. (2019). Anthropocene now: influential panel votes to recognize Earth’s new epoch. *Nature*.
- Wang, F. & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*. 53(4), 5-23.
- Waters, C., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A., Poirier, C., Gałuszka, A... & Wolfe, A. P. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene, *Science*, 351(6269). <https://doi.org/10.1126/science.aad2622>

TRAVAUX PRATIQUES EN CHIMIE À L'UNIVERSITÉ : CONFRONTATION DES OBJECTIFS DES CONCEPTEURS AUX INSTRUCTIONS ÉCRITES ADRESSÉES AUX ÉTUDIANTS

Sophie Canac¹, Sandra Javoy¹, Isabelle Kermen¹
1 : Laboratoire de Didactique André Revuz EA 4434 (LDAR)

Résumé : Cette communication examine l'adéquation entre les objectifs des concepteurs de fascicules de travaux pratiques et les instructions écrites adressées aux étudiants pour une séance expérimentale de première année de licence au sujet des titrages acidobasiques dans trois universités. En appui sur la distinction tâche-activité issue de la psychologie ergonomique et sur les registres de savoirs de la chimie, les tâches assignées aux étudiants dans les instructions écrites sont repérées à partir de leur but et catégorisées selon leur nature manipulatoire, méthodologique, théorique ou de communication. Les objectifs des concepteurs sont associés à ce qu'ils veulent que l'étudiant apprenne lors de la réalisation de la tâche et sont identifiés lors d'entretiens semi-directifs et par l'étude des documents fournis aux étudiants. Pour ce TP classique, nos résultats montrent des approches très différentes en termes d'objectifs et de tâches d'une université à l'autre et révèlent que la difficulté majeure des étudiants à propos des titrages acidobasiques n'est traitée dans aucune des trois universités.

Mots-clés : objectifs pédagogiques, travaux pratiques, chimie, écrits, université.

PRACTICAL WORKS IN CHEMISTRY AT UNIVERSITY: COMPARISON OF THE DESIGNERS' OBJECTIVES WITH THE WRITTEN INSTRUCTION ADDRESSED TO THE STUDENTS

Abstract: This presentation examines the adequation of the practical works booklet designers' objectives with the written instructions addressed to the students for a laboratory session in first year undergraduate about acid-base titrations in three universities. Relying on the distinction between task and activity stemming from ergonomic psychology and on the knowledge registers of chemistry, the tasks assigned to the students in the written instructions are identified from their purpose and categorized according to their manipulative, methodological, theoretical or communication nature. The designers' objectives are associated to what they want the student learn during the realisation of the task and are identified from semi-structured interviews and through examining documents provided to the students. For this classical labwork, our results reveal different approaches in terms of tasks and objectives from one university to another and show that the students' major difficulty for acid-base titrations is not addressed in any of the three universities.

Keywords : pedagogical objectives, practical works, chemistry, writings, university

Cette communication s'inscrit dans un projet (LAECU, financé sur deux ans par la mission recherche de l'INSPE de Créteil) visant à étudier les différents écrits intervenant dans les séances expérimentales en chimie à l'université, tels que les fascicules adressés aux étudiants et les comptes-rendus élaborés par ces derniers. Cette communication étudie les instructions écrites d'une séance expérimentale de première année de licence au sujet des titrages, menée dans trois universités.

SEANCES EXPERIMENTALES CONDUITES EN CHIMIE A L'UNIVERSITE

Pour beaucoup d'enseignants universitaires, un enseignement de chimie sans pratique de laboratoire est inconcevable puisque le laboratoire est considéré comme le lieu par excellence où l'étudiant peut se confronter à la réalité empirique et faire des liens avec le monde théorique (Reid & Shah, 2007; Tiberghien, Veillard, Le Maréchal, Buty & Millar, 2001). Pour autant, les recherches n'ont pas permis de mettre en évidence des relations simples entre pratique expérimentale au laboratoire et apprentissage de concepts par les étudiants (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007; Singer, Nielsen & Schweingruber, 2012). Les recherches francophones récentes sur l'enseignement expérimental en chimie à l'université étudient essentiellement la conception de protocoles expérimentaux par les étudiants à l'aide d'une plateforme numérique (Girault & d'Ham, 2014) ou sans (Picron & Snauwaert, 2018). Aux États-Unis, les objectifs assignés aux séances expérimentales par des universitaires sont d'ordre cognitif (intégration et coordination de savoirs conceptuels) et psychomoteur (acquisition de savoir-faire) (Bretz, Fay, Bruck & Towns, 2013) tandis que la perception qu'en ont les étudiants de première année diffère sensiblement puisqu'ils ne citent aucun des objectifs plébiscités par les enseignants (DeKorver & Towns, 2015). Ces résultats montrent qu'il est pertinent d'interroger la manière dont les objectifs s'incarnent dans les instructions données aux étudiants et notamment, dans les écrits qui leur sont fournis.

FONDEMENTS THEORIQUES

TÂCHE ET ACTIVITÉ

Une part importante du projet repose sur l'analyse de ce que souhaitent, prévoient et font des enseignants et sur celle des actes des étudiants en réponse aux demandes des enseignants. Autrement dit, il s'agit d'analyser des pratiques enseignantes (l'activité d'enseignants à certains moments) et l'activité d'étudiants, l'activité étant ce que développe un individu pour réaliser une tâche et donc, atteindre un but fixé dans des conditions données (Leplat & Hoc, 1983). L'activité regroupe les actions du sujet mais aussi ses pensées, ses prises de décision quant au faire ou ne pas faire. Nous considérons que les instructions écrites des fascicules de travaux pratiques (TP) sont un déclencheur de l'activité des étudiants et permettent d'effectuer une analyse à priori des activités possibles. L'activité d'un sujet est influencée par la situation et par le sujet lui-même (ses connaissances, compétences etc.) et produit des effets sur l'objet de l'action et également sur le sujet lui-même (Rogalski, 2007). Le but de la tâche est associé à ce que l'étudiant doit faire tandis que, pour nous, l'objectif de l'enseignant (qui peut ne pas transparaître) correspondrait à ce qu'il veut que l'étudiant apprenne lors de la réalisation de la tâche.

CADRE D'ANALYSE DIDACTIQUE

L'analyse didactique en chimie des tâches prescrites aux étudiants est effectuée sous l'angle de la distinction entre ce qui relève du registre empirique et du registre des modèles et des relations à faire entre ces registres pour expliquer ou prévoir (Kermen, 2018).

Le processus de titrage consiste en l'addition graduelle d'une solution titrante, à l'aide d'une burette graduée, à une solution titrée contenue dans un vase à réaction (registre empirique). Il correspond à une succession de transformations chimiques totales modélisées par une même réaction chimique, avant l'équivalence ; ce processus se termine à l'équivalence, état du système où les réactifs sont simultanément limitants (registre des modèles). Un titrage vise à déterminer le volume équivalent (registre empirique) qui permet ensuite de calculer la concentration d'une solution (registre des modèles). L'une des difficultés reconnues des apprenants consiste à penser qu'une transformation chimique n'a lieu que lors du changement de couleur d'un indicateur coloré ou du décrochement dans une courbe de titrage suivi par pHmètrie (Gauchon, 2008 ; Sheppard, 2006).

GENRE TEXTUEL ET SYSTÈMES SÉMIOTIQUES

Chaque discipline scolaire ou universitaire a des genres textuels qui lui sont propres (par exemple les fiches de TP) et dont les étudiants doivent s'approprier les caractéristiques afin de les (re)produire (Plane, 2019) sous forme de comptes-rendus, par exemple. Les fiches de TP sont supposées être constituées d'informations et de consignes visant à faire exécuter des tâches aux étudiants, au moyen du langage naturel (le français), d'un langage spécialisé (français avec des termes utilisés en chimie ayant un sens bien spécifique), de langages symboliques dont certains propres à la chimie (formules, équations de réaction, ...), de schémas, de tableaux ou graphiques (Talanquer, 2011). Les étudiants devraient intégrer ces systèmes sémiotiques et mobiliser un genre textuel spécifique pour élaborer des comptes-rendus.

CATÉGORISATION DES TÂCHES

En appui sur ce qui précède, nous catégorisons les tâches assignées aux étudiants selon qu'elles sont manipulatoires, méthodologiques, théoriques ou de communication. Une tâche est théorique si sa réalisation met en jeu des raisonnements conceptuels, l'utilisation de modèles sans référence à des procédures expérimentales. Une tâche est manipulatoire si, lors de sa réalisation, l'étudiant ne doit effectuer que des gestes relevant du registre empirique (utilisation de la verrerie, d'appareils de mesure selon les bonnes pratiques de laboratoire), que toutes les conditions soient décrites ou non. Nous appelons tâche méthodologique les tâches engageant la réalisation de gestes dont toutes les conditions ne sont pas précisées et qui nécessitent un raisonnement conceptuel préalable (théorique) conduisant à des choix empiriques. Les tâches de communication regroupent celles pour lesquelles les étudiants doivent rendre compte de façon écrite ou orale, des résultats de leur activité en utilisant les différents types de langage et systèmes sémiotiques susmentionnés.

QUESTIONS DE RECHERCHE

Cette communication porte sur un des aspects du projet LAECU : l'adéquation des instructions écrites aux objectifs des enseignants. Nous cherchons aussi à comparer les façons d'aborder un thème précis, le titrage acido-basique avec indicateur coloré, commun aux trois universités. Pour cela, nous questionnons : 1) les tâches proposées aux étudiants dans les fiches de TP ; 2) les objectifs assignés aux séances expérimentales de première année de licence par les concepteurs du fascicule. Nous cherchons à déterminer si la nature des tâches figurant dans une fiche TP permet d'atteindre certains des objectifs énoncés.

METHODOLOGIE

RECUEIL DES DONNÉES

Trois universités (désignées par UA, UB, UC), de taille moyenne et de régions différentes, ont été choisies. Nous avons recueilli le fascicule de TP, ainsi que tous les documents écrits mis à disposition des étudiants pour réaliser les séances expérimentales. Les concepteurs des fascicules ont été interviewés selon un entretien semi-directif pour déterminer leurs objectifs et d'autres aspects non traités dans cette communication.

ANALYSE DES DONNÉES

Pour chaque fiche de TP portant sur le titrage acidobasique, les tâches ont été repérées en recherchant le but à partir du contexte et des consignes. Elles ont été catégorisées selon leur nature - manipulatoire, méthodologique, théorique, de communication - déterminée en inférant l'activité possible. Aucune autre catégorie n'a émergé de l'examen des données. Chaque fiche de TP a été analysée par une des trois chercheuses. Une mise en commun des résultats a permis d'atteindre un consensus. Pour chaque tâche identifiée à partir de son but, nous avons repéré dans la consigne, les conditions fournies et celles qui sont omises en imaginant l'activité possible. Le fait que les conditions soient fournies ou omises, permet d'affiner la catégorisation. Sur l'exemple de la préparation du vase à réaction pour le titrage (tableau 1), UA et UB omettent d'indiquer la verrerie pour le prélèvement. À UB, les étudiants sont orientés dans leur choix de verrerie par le terme « précisément » et peuvent retrouver dans leur fascicule le type de verrerie permettant un prélèvement précis. À UA, les étudiants doivent inférer le choix de la verrerie à partir de la relation permettant de calculer la concentration recherchée. Cette condition omise à UA donne lieu à une réflexion théorique. La tâche est alors de nature méthodologique.

	UA	UB	UC
	BUT : Préparation du vase à réaction pour le titrage		
Extrait du protocole	Placer vingt millilitres de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium fournie dans le vase à réaction	Dans un erlenmeyer de 100 cm ³ , introduire précisément 50 cm ³ d'eau de Contrexéville	Prélever 10 mL de la solution de NaBO ₂ (CB = 10 ⁻¹ mol.L ⁻¹) avec le matériel demandé et l'introduire dans un bécher préalablement rincé à l'eau distillée et muni d'un barreau aimanté.
Conditions fournies	Nature et volume de la solution à prélever	Nature et volume de la solution à prélever, nature du vase à réaction	Nature et volume de la solution à prélever, nature du vase à réaction
Conditions omises	Nature du vase à réaction, matériel de verrerie pour le prélèvement,	Matériel de verrerie pour le prélèvement	

Aspect théorique	Choix raisonné de l'instrument servant à prélever la solution à titrer		
Aspect manipulateur	Prélèvement d'une solution	Prélèvement d'une solution	Prélèvement d'une solution
Catégorie	Méthodologique	Manipulatoire	Manipulatoire

Tableau 1. : exemple de catégorisation

Nous avons également analysé dans chaque protocole les différents systèmes sémiotiques utilisés (voir figure 1).

UA
Placer vingt millilitres de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium fournie dans le vase à réaction et ajouter quelques gouttes d'indicateur coloré. Titrer par la solution d'acide oxalique précédemment préparée.

UB
Dans un erlenmeyer de 100 cm³, introduire précisément 50 cm³ d'eau de Contrexeville que l'on dosera par la solution d'acide chlorhydrique à 0,02 mol.L⁻¹, en présence de vert de bromocresol-rhodamine (B.C.R.).

UC
Prélever 10 mL de la solution de NaBO₂ (CB = 10⁻¹ mol.L⁻¹) avec le matériel demandé et l'introduire dans un bécher préalablement rincé à l'eau distillée et muni d'un barreau aimanté.

Légende :

Langage spécialisé Langage symbolique propre à la chimie Langage symbolique

Figure 1. : Analyse des systèmes sémiotiques dans l'extrait de la préparation du vase à réaction.

Pour atteindre les objectifs des concepteurs, les entretiens ont été analysés indépendamment par deux chercheuses. Tout propos mentionnant ce que le concepteur souhaite que les étudiants fassent et apprennent durant les séances de TP, a été répertorié comme objectif déclaré. Des objectifs ont également pu être identifiés par la troisième chercheuse à partir de l'examen de la place des séances expérimentales dans le semestre concerné et des ressources écrites autres que le protocole (le fascicule complet contenant le protocole, des documents avec des comptes-rendus types à compléter, des livrets méthodologiques). Les résultats de ces analyses ont été confrontés et discutés pour atteindre un consensus. Les objectifs ont ensuite été répertoriés, en prenant appui sur les catégories identifiées pour les tâches pour certains et à partir de catégories émergentes pour d'autres.

RESULTATS

ANALYSE DES TÂCHES

L'identification des tâches dans la fiche de TP consacrée au titrage acidobasique, conduit à la répartition dans les catégories prédéfinies et figurant dans le tableau 2. Le nombre, la nature et l'ordre de présentation des tâches nous permettent d'inférer certaines caractéristiques

pour chaque fiche. Pour UA, une réflexion des étudiants paraît attendue avant la réalisation des gestes expérimentaux et la mention de la tâche de communication en début de fiche indique l'importance accordée à cet aspect. Pour UC, les manipulations semblent être une illustration ou une application du théorique ; la tâche de communication n'apparaît pas. Pour UB, une réflexion semble attendue avant les manipulations qui seraient suivies d'une exploitation théorique importante.

Nature des tâches	UA	UB	UC
Manipulation (M)	2	3	4
Méthodologique (Me)	3	2	
Théorique (T)	1	3	5
Communication (C)	1	1	
Ordre de présentation dans la fiche	C, Me, Me, Me, M, M, T	Me, M, Me, M, M, T, T, T, C	T, T, T, M, M, M, M, T, T

Tableau 2. : nature, nombre et ordre des tâches dans la fiche de TP.

De façon générale, l'aspect méthodologique paraît plus développé à UA qu'à UB et inexistant à UC. Par exemple, sur les trois seules tâches identiques ayant le même but qui ont été relevées (la préparation du vase à réaction, l'ajout de l'indicateur coloré et la préparation de la burette), les deux premières sont de nature méthodologique à UA, la seconde est également de nature méthodologique à UB, lorsqu'elles sont toutes de nature manipulative à UC. En effet, outre l'exemple donné dans le tableau 1 concernant la préparation du vase à réaction, à UA, les étudiants doivent effectuer un choix raisonné de l'indicateur coloré, à UB le volume d'indicateur coloré à ajouter n'est pas indiqué tandis qu'à UC la nature et le volume d'indicateur coloré à ajouter sont explicitement précisés.

L'examen des autres documents et de la place de l'expérimental dans les trois formations confirme les caractéristiques énoncées ci-dessus et permet de les affiner. Les tâches théoriques de la fin des fiches consistent en une exploitation des résultats expérimentaux avec des applications des formules données dans la fiche de TP à UB et à UC, tandis qu'à UA, une réflexion et une recherche d'informations dans les documents sont attendues pouvant s'appuyer sur la préparation du TP faite durant la séance de travaux dirigés (TD) antérieure.

Concernant les registres sémiotiques utilisés, le langage spécialisé du chimiste est mobilisé dans les trois universités. À l'inverse, le langage symbolique propre à la chimie est peu présent à UA et UC, tandis que les autres langages symboliques sont importants à UB et UC.

Pour effectuer la tâche de communication, les étudiants à UA et à UB réalisent un compte-rendu hors séance de TP. À UA, ils peuvent s'appuyer sur un exemple de compte-rendu et à UB, une fiche compte-rendu avec des rubriques à compléter leur est donnée. À UC, les étudiants rendent un compte-rendu en fin de séance et disposent de quelques indications en début de fascicule.

IDENTIFICATION DES OBJECTIFS DES CONCEPTEURS DE FASCICULE

Nous avons recensé les objectifs à partir des déclarations des concepteurs et par recoupement avec les documents supports autres que les fascicules (tableau 3).

Les deux catégories émergentes qui n'ont pas d'équivalent dans les tâches concernent le respect des règles d'hygiène et de sécurité et la mise en relation avec le cours, objectif partagé par les universitaires états-uniens (Bretz *et al.*, 2013). Des objectifs manipulatoires, méthodologiques et de communication ont été relevés à UA et UB mais pas à UC où par ailleurs un seul objectif théorique est mentionné. À UC un compte rendu est attendu mais sans que ses caractéristiques soient décrites dans le fascicule faute d'un consensus entre les enseignants, à l'inverse de UA et UB où il constitue un objectif d'apprentissage, déclaré par la conceptrice de UA, identifié dans le fascicule à UB (première séance où sont présentés les éléments qui doivent y figurer).

Catégories d'objectifs	UA	UB	UC
Objectif d'attitude de respect des règles d'hygiène et sécurité	x	x	x
Application/illustration expérimentale de notions vues en cours	x	x	x
Manipulatoire : savoir utiliser le matériel en respectant les bonnes pratiques de laboratoire pour effectuer a) une dilution b) une dissolution c) un titrage	a) b) c)	a) b) c)	
Méthodologique : être capable de proposer un élément d'un protocole de, a) dilution b) dissolution c) titrage	a) b)	a) b) c)	
Théorique : a) savoir distinguer titrage direct et indirect b) savoir utiliser un tableau d'avancement c) savoir établir la relation à l'équivalence d) sensibiliser à la précision des mesures	b) c)	a) d)	d)
Communication : savoir rédiger un compte-rendu	x	x	

Tableau 3. : identification des objectifs des concepteurs à partir de leurs déclarations (en gras) et de l'examen des documents complémentaires.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Globalement, la nature des tâches figurant dans les fiches étudiées permet de couvrir les objectifs énoncés, mis à part « hygiène et sécurité » à UA et UC et « illustration du cours » à UB et UC. Aucune tâche concernant le respect des règles d'hygiène et sécurité n'a été relevée pour le titrage acide-base. Cependant, la fiche de TP n°1 à UB porte quasi exclusivement sur ce thème, ce qui nous permet d'avancer que cet objectif est travaillé explicitement à UB mais pas à UA et UC. L'examen de l'organisation des unités d'enseignement montre que l'objectif « illustration du cours », non accessible avec notre catégorisation des tâches, semble difficile à atteindre à UB et UC. En effet, le découpage cours-TD-TP à UB et UC, avec un nombre élevé d'étudiants, ne garantit pas que la séance de TP acidobasique ait lieu après les cours et TD correspondants. L'articulation choisie à UA où les TD précèdent et suivent les TP (préparation et correction) permet d'atteindre cet objectif. Les tâches manipulatoires, méthodologiques et théoriques proposées à UA, UB et UC sont en accord avec les objectifs déclarés par les concepteurs, à une exception près à UB où l'objectif méthodologique « titrage » est décliné en tâche manipulatoire. Dans des recherches antérieures en dehors de la France, un certain nombre d'auteurs ont constaté (di Fuccia, Witteck, Markic & Eilks, 2012; Domin, 1999 ; Hofstein & Lunetta, 2004) que la formulation des consignes réduit l'activité des étudiants à suivre un protocole comme « une recette de cuisine ». Ce résultat ne se confirme pas dans notre enquête, des tâches « méthodologiques » étant proposées à UA et UB.

Pour ce TP classique, notre analyse permet de constater des approches très différentes en

termes d'utilisation des systèmes sémiotiques, d'objectifs et de tâches d'une université à l'autre. En effet, les objectifs théoriques sont variés, un seul est commun à deux universités, et seules trois tâches sont identiques. Parmi elles, la tâche d'ajout de l'indicateur coloré est de nature méthodologique à UA et UB car les étudiants doivent déterminer soit la nature de l'indicateur soit le volume à utiliser. Ces choix à faire peuvent préfigurer une réflexion sur le fonctionnement d'un indicateur coloré dont on sait qu'il est mal maîtrisé par les étudiants préparant au CAPES (Ganaras & Dumon, 2009). Cependant, la difficulté majeure pour les étudiants dans l'étude des titrages acidobasiques que constitue le changement de couleur à l'équivalence n'est abordée dans aucune des trois universités.

Dans le projet européen Labwork in science education (1996-1998), les fiches de travaux pratiques en première année d'université ont été étudiées pour reconstituer les objectifs d'apprentissage des enseignants et les tâches que doivent réaliser les étudiants (Tiberghien *et al.*, 2001). La formulation des consignes en elles-mêmes n'a pas été mise en relation avec la réalisation des tâches par les étudiants ou leur apprentissage lors de séances expérimentales en chimie. De même, la question des comptes-rendus n'a pas été soulevée. Notre étude va se poursuivre par l'analyse des comptes-rendus ainsi que par l'étude de l'activité des enseignants et des étudiants au cours des séances. Le nombre et la nature des conditions omises repérées pour catégoriser les tâches pourraient constituer un indicateur pour qualifier la difficulté d'appropriation des protocoles. En effet, des conditions omises peuvent ajouter de la difficulté à l'appropriation d'une tâche en masquant pour le lecteur le raisonnement à mener lors de la réalisation de la tâche.

BIBLIOGRAPHIE

- Bretz, S. L., Fay, M., Bruck, L. B. & Towns, M. H. (2013). What Faculty Interviews Reveal about Meaningful Learning in the Undergraduate Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, **90**(3), 281-288.
- Canac, S. & Kermen, I. (2016). Exploring the mastery of French students in using basic notions of the language of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, **17**, 452-473.
- DeKorver, B. K. & Towns, M. H. (2015). General Chemistry Students' Goals for Chemistry Laboratory Coursework. *Journal of Chemical Education*, **92**(12), 2031-2037.
- di Fuccia, D., Witteck, T., Markic, S. & Eilks, I. (2012). Trends in Practical Work in German Science Education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, **8**(1), 59-72.
- Domin, D. S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, **76**(4), 543.
- Ganaras, K. & Dumon, A. (2009). Intégration conceptuelle des équilibres acide-base par les étudiants français préparant le CAPES. *Didaskalia*, **35**, 59-80.
- Gauchon, L. (2008). *Comprendre les titrages - Représentations d'élèves de première et terminale scientifiques et effets de quelques variables*. Thèse de didactique des disciplines option didactique des sciences physiques, Université Paris Diderot. Consulté à l'adresse <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00954787>
- Girault, I. & d'Ham, C. (2014). Scaffolding a Complex Task of Experimental Design in Chemistry with a Computer Environment. *Journal of Science Education and Technology*, **23**(4), 514-526.

- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education : Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, **88**(1), 28-54.
- Hofstein, A. & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education : The state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, **8**(2), 105-107.
- Kermen, I. (2018). *Enseigner l'évolution des systèmes chimiques au lycée. Savoirs et modèles, raisonnements d'élèves, pratiques enseignantes*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Leplat, J. & Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de psychologie cognitive*, **3**(1), 49-63.
- Picron, C. & Snauwaert, P. (2018). Analyse de protocoles rédigés lors d'activités expérimentales de chimie. *Actes des 10e rencontres de l'Ardist*, 27-30 mars 2018, Saint-Malo, France.
- Plane, S. (2019). Préface. In M. Niwese, J. Lafont-Terranova & M. Jaubert (Éds), *Écrire et faire écrire dans l'enseignement postobligatoire, Enjeux, modèles et pratiques innovantes*. Presses Universitaires du Septentrion.
- Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, **8**(2), 172-185.
- Rogalski, J. (2000). Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant. *Actes du XXVIe colloque COPIRELEM*, 45-66. Consulté à l'adresse http://ppwww.ciep.fr/sources/conferences/CD_professionnalisation/bak/pages/docs/pdf_interv/Rogalski_Janine.pdf
- Sheppard, K. (2006). High school students' understanding of titrations and related acid-base phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, **7**(1), 32-45.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic : The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, **33**(2), 179-195.
- Singer, S. R., Nielsen, N. R. & Schweingruber, H. A. (Éds). (2012). *Discipline-Based Education Research : Understanding and Improving Learning in Undergraduate Science and Engineering*.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.-F., Buty, C. & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, **85**(5), 483-508.

UN JEU DE RÔLE POUR LA SCOLARISATION D'UNE QUESTION SOCIOSCIENTIFIQUE LA QUESTION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Catherine Barrué¹, Damien Grenier²

1: CREAD - Université de Bretagne Occidentale

2: CREAD - Université de Rennes

Résumé : La scolarisation des questions socioscientifiques est défendue depuis les deux dernières dizaines d'années par de nombreux didacticiens des sciences avec une visée d'Éducation Citoyenne. Il est alors nécessaire de se pencher sur la manière de les enseigner. Cet article décrit un jeu de rôle traitant de la question du choix des énergies renouvelables, conçu pour que des lycéens puissent se saisir de la complexité de la question. L'analyse a montré que les connaissances et la compréhension des concepts scientifiques a augmenté dans ce contexte social. Les résultats ont permis, lors de deux nouvelles itérations, de rendre ce jeu efficient pour des étudiants de SUPELEC et de l'ENS.

Mots-clés : questions socioscientifiques- éducation citoyenne- connaissances- jeu de rôle- énergies renouvelables

A ROLE PLAY FOR SOCIOSCIENTIFIC EDUCATION THE ISSUE OF THE SUSTAINABLE ENERGIES

Abstract : A lot of researchers promote the schooling of socioscientific issues with an aim of citizenship education the last two decades. It raises the question of how to teach them. This paper describes a role-play about the choice of sustainable energies, built to enable young students to handle the complexity of this issue. This social situation seems to lead to a significant increase in scientific knowledge and in the understanding of energy concepts. New iterations have been implemented to make role-play more efficient for students of electrical engineering.

Keywords : socioscientific issues- citizenship education- knowledge-role play-sustainable energies

CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

Des questions liées aux biotechnologies, à l'environnement, au développement durable, aux choix énergétiques, agitent régulièrement les espaces social, politique et médiatique. Ces questions qui mettent en jeu des savoirs scientifiques en cours de construction ou non stabilisés renvoient alors à l'éducation des jeunes et au rôle de l'École. La visée éducative est de les outiller de compétences qui leur permettront de participer, dans leur vie d'adultes, aux choix qui se présenteront à eux dans un cadre démocratique. La prise en compte de cette dimension citoyenne a engagé certains didacticiens des sciences de nombreux pays (Grace, 2009 ; Kolstø, 2001 ; Jimenez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002 ; Sadler, 2004 ; 2009 ; Simonneaux, 2006 ; Hodson, 2003 ; 2010) à s'interroger sur la manière de former les élèves pour qu'ils puissent se saisir de la complexité de ces questions, adossées à des enjeux socio-politiques forts. Ces questions scientifiques et techniques où se mêlent de façon indissociable des questionnements socio-politiques (Sadler, 2004) sont reconnues en didactique des sciences comme des questions socioscientifiques (QSSs). Les enjeux éducatifs visés sont cependant différents (Barrué & Albe, 2013) pour ces didacticiens : apprendre des savoirs scientifiques ; évaluer les discours des experts et l'information scientifique médiatisée ; développer la compréhension de la nature de la science et les compétences argumentatives et apprendre à prendre une décision. À la suite d'autres chercheurs qui promeuvent une Éducation Citoyenne émancipatrice, nous considérons que la mise en œuvre de l'étude des QSSs en classe est à mettre en relation avec des situations sociales. Elles sont alors le lieu de développement des compétences nécessaires à la compréhension de la complexité des QSSs. Ainsi, notre recherche se place dans l'approche théorique du modèle d'« Éducation Citoyenne critique pour l'étude d'une QSS » (Barrué, 2014 ; 2017). Ce modèle (Annexe 1) prend en compte les conditions de scolarisation d'une QSS dans une visée d'EC critique (ECc) avec une double visée : construire des dispositifs d'enseignement et de recherche et être un outil d'analyse des ceux-ci. Il prend en compte cinq dimensions qui caractérisent une ECc et certains éléments de la scolarisation des QSSs (Albe, 2007) qui les orientent : la dimension « connaissances », la dimension « argumentation », la dimension « enjeux », la dimension « information » et la dimension « engagement ». La prise en compte de ces 5 dimensions conduit à construire des dispositifs délibératifs. Il peut s'agir d'organiser des débats pour agir sur des instances locales (Jimenez-Aleixandre et al., 2002 ; Hogan, 2002) ou de délibérer pour prendre une décision informée (Böttcher & Meisert, 2013 ; Levinson, 2004). Des jeux de rôles (Hingant, 2013) ainsi que des simulations de débats publics (Barrué, 2014 ; Molinatti, 2010) sont également conçus pour traiter de telles questions. Les résultats de ces recherches montrent que des jeunes élèves, comme des étudiants, sont capables de s'engager dans de telles discussions. C'est pourquoi notre dispositif implique différents panels autour d'un même jeu de rôle sur la question du choix des énergies. Il a été conçu dans l'approche théorique du Design-based research (DBR Collective, 2003) qui allie la recherche pédagogique empirique et la conception fondée sur la théorie des milieux d'apprentissage pour comprendre quand et pourquoi les innovations éducatives « marchent » ou ne « marchent pas » dans la pratique, au cours d'itérations successives. La construction de notre dispositif pédagogique mis en place dans un contexte authentique est cadrée par le modèle théorique. L'analyse des données récoltées conduit à une re-conception du dispositif par un procédé itératif et permet ainsi la compréhension des éléments théoriques dont il est issu.

Notre étude vise à déterminer comment des élèves peuvent s'exercer à une citoyenneté critique en participant à ce jeu de rôle. Nos objets de recherche portent sur les savoirs mobilisés dans l'argumentation et sur les stratégies envisagées par les différents groupes pour prendre leur décision. Nous cherchons également à voir s'ils se saisissent des enjeux scientifiques et so-

ciopolitiques, liés à la question des choix énergétiques. Dans cette communication, nous nous centrons alors sur les dimensions « connaissances » et « enjeux » du modèle d'ECc, en répondant plus précisément aux questions suivantes : ce jeu de rôle permet-il aux participants d'acquérir des connaissances scientifiques sur la question des énergies renouvelables ? Facilite-t-il la compréhension des enjeux sociaux, environnementaux et économiques ?

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

LES PARTICIPANTS

Les participants de la première itération sont 34 élèves de deuxième année de lycée de classe scientifique (panel 1). À part son caractère scientifique, la classe ne présente aucune spécificité. Nous précisons que les notions abordées au cours du jeu de rôle sont au programme de physique de l'année, mais que le jeu a été mis en place en amont de cet enseignement pour éviter de biaiser les résultats. La mise en place de ce dispositif de recherche a également un objectif éducatif pour l'enseignant de physique de la classe : introduire cette partie du programme et permettre un état des lieux des connaissances des élèves. Une deuxième itération a été menée avec 20 étudiants ingénieurs de SUPELEC inscrits à un module optionnel. Cette itération a permis d'apporter les modifications nécessaires pour adapter le jeu au niveau universitaire, en collaboration avec l'enseignant dans le cadre du DBR pour raffiner le design afin de répondre à nos mêmes questions de recherche. La troisième itération a été menée avec 8 étudiants de 3ème année de formation de l'ENS ayant choisi l'orientation « ingénierie électrique » (Master 2). Ils participent au jeu de rôle avec la version augmentée. Ces derniers constituent le panel 2 de notre étude.

LE JEU DE RÔLE

Les participants, répartis en 4 groupes, représentent 4 communautés qui vivent sur une île fictive. Leurs territoires sont délimités par des frontières (figure 1.). L'objectif pour chaque groupe est de faire un choix de solution d'équipement en énergie renouvelable, afin de rendre sa communauté autonome. Chaque groupe possède une carte « communauté » présentant la localisation des villages, le nombre d'habitations, la géographie du territoire ainsi que le mode de vie. Ils disposent de 9 cartes informatives sur les sources d'énergies renouvelables solaire, géothermique, éolienne, hydroélectrique, hydrolienne, marémotrice, de houle, de combustion et de méthanisation. Des informations sont données sur le principe de fonctionnement, les avantages, les inconvénients, les impacts sur l'environnement et l'apport énergétique. Pour le niveau universitaire, les cartes énergies et les données sur l'île ont été enrichies. Une feuille de calcul a été mise à disposition des étudiants pour réaliser des simulations des propositions qu'ils pourraient retenir. Elle permet de vérifier que l'énergie fournie par les installations prévues satisfait effectivement les besoins de la population. Elle donne aussi une estimation du coût économique (en €) et du coût environnemental (en kg de CO2 émis).

Chaque groupe prend connaissance de l'objectif du jeu, du contenu des cartes, des contraintes géographiques et économiques, puis débat pendant un temps donné. Un rapporteur vient ensuite exposer, autour du plateau de jeu, la solution retenue ainsi que l'argumentation. Lorsque chaque groupe a exposé sa solution, les débats sont ouverts autour du plateau de jeu, les choix faits par certains ayant des conséquences pour les autres. Des rivalités, des négociations et des modifications des solutions peuvent alors émerger.



Figure 1. : carte de l'île virtuelle découpée en 4 territoires.

LES DONNÉES ET LES MÉTHODES D'ANALYSE

Lors de la mise en place de notre design, nous avons recueilli différents types de données (Annexe 2). Des pré- et post-tests identiques ont été renseignés par les lycéens (panel 1) et étudiants (panel 2) afin de répondre à nos questions de recherche à propos des gains en termes de connaissances scientifiques et de prise en compte des enjeux environnementaux et socio-économiques liés à la question du choix énergétique. Les trois premières questions sont communes aux deux panels. Un QCM a été rajouté pour le panel 2 suite à l'analyse des réponses des lycéens lors de l'itération 1. Il porte spécifiquement sur les productions énergétiques des éoliennes et des panneaux photovoltaïques.

Lors de l'itération menée avec les étudiants du panel 2, nous avons également enregistré les discussions dans les 4 groupes représentant les 4 communautés de l'île fictive pour avoir des informations sur la manière dont les choix des solutions énergétiques ont été faits pour rendre leur communauté autonome. Nous avons également filmé les échanges lors de la mise en commun autour du plateau de jeu. Ces étudiants ont eu aussi un document réponse à renseigner, afin de garder une trace des différents essais qu'ils ont pu faire dans la feuille de calcul.

Les analyses des données des différentes itérations ont été faites de manière qualitative et quantitative, conformément à notre cadre de DBR. La validité des résultats provient du croisement entre les différentes données obtenues lors d'une même itération, mais aussi lors de la répétition des itérations qui viennent affiner le modèle théorique initial et la conception de la situation d'enseignement (DBR collective, 2005).

RÉSULTATS

ACQUISITION DES CONNAISSANCES SUR L'EXISTENCE DES DIFFÉRENTS DISPOSITIFS ÉNERGÉTIQUES

Avant la séance mettant en œuvre le jeu de rôle, les énergies majoritairement citées par la totalité des lycéens (panel 1) étaient les énergies éolienne et solaire. Ils citaient ensuite l'énergie de biomasse, sans faire de différence entre la biomasse par combustion et par méthanisation. Toutes les formes d'énergies prévues dans le jeu de rôle ont été citées par l'ensemble des lycéens, même si les énergies marémotrice, hydroélectrique et de houle sont citées dans

une moindre proportion. Les résultats du post-test mettent en évidence une connaissance plus élevée des différentes sources d'énergies. Ils ont, à nouveau, cité majoritairement dans le post-test, les énergies éolienne et solaire. Même si le nombre de réponses reste le même pour la biomasse, cette fois, les procédés de combustion et de méthanisation ont été différenciés. Les énergies utilisant l'eau ne sont plus ignorées.

Nous retrouvons plus ou moins les mêmes tendances avec les étudiants (panel 2), même si les faibles effectifs concernés rendent ces résultats fragiles (Annexe 2). Lors du pré-test, ils ont tous pensé à citer l'éolien et le photovoltaïque, en étant capables de donner pour chacune des deux technologies plusieurs avantages et inconvénients. Les autres filières énergétiques n'ont été citées en moyenne que par un étudiant sur deux. Lorsqu'elles étaient citées, la plupart du temps, aucun avantage ou inconvénient spécifique de la filière n'était donné. Cela pourrait laisser penser qu'il s'agit plus d'oublis que d'ignorance de la part d'étudiants en Sciences de l'Ingénieur. Cependant, l'analyse des transcriptions des enregistrements audio montre que l'énergie marémotrice est inconnue d'au moins un étudiant : « en fait marémotrice, j'ai même pas vu ce que c'était... Je ne connaissais pas ». Les autres ne se sont pas exprimés sur le sujet. Lors du post-test, nous constatons une nette amélioration des connaissances : quasiment tous les étudiants ayant répondu, ont été capables de citer l'ensemble des 9 filières décrites dans les fiches du jeu. À chaque fois, ils ont pu donner au moins un avantage ou inconvénient.

ACQUISITION DES CONNAISSANCES SUR LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES DISPOSITIFS ÉNERGÉTIQUES

Le nombre d'éléments explicatifs donnés par les lycéens après le jeu de rôle à propos du principe de fonctionnement des dispositifs énergétiques s'est accru pour des énergies autres que les énergies éolienne, solaire et les biogaz. Des éléments présents dans les « cartes énergies » sont mobilisés et donnent à voir une meilleure compréhension du fonctionnement des différents dispositifs énergétiques proposés.

Pour les étudiants, les pré- et post-tests comprenaient un questionnaire à choix multiple (QCM) relatif à la quantité d'énergie qu'ils estiment pouvoir être produite par des panneaux photovoltaïques ou des éoliennes. Ce QCM nous a permis de constater qu'il n'y avait pas d'amélioration de leurs connaissances sur ce point. Nous avons juste constaté, notamment pour l'éolien, que les étudiants avaient tendance à revoir à la hausse leur estimation initiale du potentiel de production. Cela est corroboré par l'analyse des transcriptions des enregistrements audio. Après avoir testé ce que donnerait l'installation d'éolienne sur leur territoire, l'un d'eux a déclaré : « C'est énorme, les éoliennes, tu en mets deux et tu as gagné ! ». Visiblement, il ne s'attendait pas à cela.

PRISE EN COMPTE DES ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

Pour les lycéens, nous notons une augmentation du nombre des inconvénients cités, au détriment des avantages lors du post-test. Ces éléments sont d'ailleurs décisifs dans le choix de chacun des groupes quant à la solution retenue pour rendre sa communauté autonome énergétiquement.

ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES

D'une manière générale, les lycéens n'ont vu que des avantages économiques pour les énergies renouvelables, lors du pré-test comme lors du post-test, même si des éléments supplémentaires ont été apportés. Les avantages économiques sont liés à la gratuité de la source énergétique. Aucun d'entre eux n'a abordé la question de l'exploitation énergétique ni des emplois liés à ce marché. Cependant, dans le post-test, des notions de rendement et de coût des installations ont été développées. Par exemple, ils se sont référés à la fabrication en Chine et au coût de transport des panneaux solaires. La limitation des zones de pêche dues à l'installation d'éoliennes off-shore a questionné les élèves sur l'activité économique des pêcheurs. Ce dernier élément a été repris pour l'installation de fermes houlomotrices. Des éléments sur le nombre d'éoliennes et la place nécessaire en fonction de la consommation énergétique de la population ont été rapportés.

L'analyse des transcriptions des échanges entre étudiants permet de constater que certains groupes ont été plus ou moins sensibles aux aspects économiques ou sociaux. Certains ont fait le choix délibéré de privilégier les activités de « leurs » pêcheurs et de « leurs » agriculteurs sans s'occuper des coûts. Un des étudiants a justifié cela comme suit : « Si c'est une économie interne... [...] Je ne suis pas obligé de prendre le coût le moins cher ». D'autres ont, au contraire, privilégié le coût économique ou la réduction des émissions de CO₂ : « On a pris les moins chers, c'est pour cela qu'on a pris cela ».

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Alors que les lycéens déclaraient que l'énergie géothermique n'était pas polluante, dans le post-test, des éléments explicatifs concernant le forage et la remontée de gaz radioactifs et la contamination de l'eau liée aux produits chimiques d'aide aux forages, apparaissent. Les élèves ont questionné également la compatibilité de ce dispositif avec les cultures et la localisation des zones géothermiques. Ils ont ainsi complexifié leur position initiale. Dans le post-test, quelques-uns ont émis l'hypothèse d'une pollution liée à la fabrication des panneaux solaires et se sont interrogés sur le recyclage des matériaux de construction de ceux-ci. La disponibilité non continue des énergies solaire et éolienne a été signalée dans le pré et post-test. Cependant, certains ont précisé que le fonctionnement de l'éolienne dépendait de la vitesse du vent. Cela les a engagés à prendre en compte des éléments de géographie. Les deux inconvénients majeurs de cette énergie, soulignés lors du pré-test, étaient le bruit et l'impact sur les oiseaux. Ces éléments persistent dans le post-test. La conception majoritaire des élèves concernant la biomasse était sa non pollution car pour eux, les biogaz proviennent exclusivement des cultures. Ils attribuaient le préfixe « bio » à une agriculture biologique, donc « propre ». Dans le post-test, apparaît cette fois l'utilisation de déchets animaux. Ils différencient les procédés d'énergie de biomasse par combustion et par méthanisation. Cela les conduit à mettre l'accent sur une potentielle déforestation et un impact sur le réchauffement climatique. À l'issue du post test, les connaissances sur l'énergie marémotrice sont toujours peu développées. Les élèves ont au minimum précisé que ce dispositif nécessitait une « embouchure » particulière et au maximum que cela dépendait des « hauteurs » des marées. Ils ont compris qu'une telle installation nécessite des conditions géographiques particulières, bien qu'aucune référence à la nécessité d'avoir un marnage spécifique ne soit faite. C'est la modification des écosystèmes et la pollution locale qui les ont interrogés. L'énergie hydroélectrique était peu connue. Dans le post-test, certains ont repris des éléments de géographie : la nécessité d'avoir un grand dénivelé et de gérer le débit d'eau en période de sécheresse. Ces réponses montrent une montée en complexité de

leurs connaissances initiales de ce dispositif.

Pour les étudiants, la prise en compte de la complexité de la question est aussi à noter. Cependant, la mise à disposition de la feuille de calcul indiquant les émissions de CO₂ par filière, les a conduits à se focaliser principalement sur ce critère pour décider si la solution proposée était « propre » ou non. Dans les transcriptions des échanges, les autres aspects environnementaux ne sont pas abordés. Il s'agit d'une évolution qui, si elle se confirme pendant les prochaines itérations, doit interpeler les concepteurs du design. Cette perte de la complexité de la question par la réduction des enjeux environnementaux à un seul critère, ne sert pas l'objectif éducatif.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats mettent en lumière un gain de connaissances dans différents domaines pour les 34 lycéens comme pour les 8 étudiants. Elles concernent les différents systèmes utilisant les énergies renouvelables dans la connaissance de leur existence et de leur principe de fonctionnement. Au vu de ces résultats, nous défendons, comme d'autres chercheurs du champ des QSSs (Jimenez-Aleixandre et al., 2002 ; Kolstø, 2001) l'idée qu'un enseignement basé sur l'étude d'une QSS contribue à augmenter les connaissances scientifiques des élèves. Ainsi, un apprentissage en contexte d'une QSS semble pertinent. Comme dans la recherche de Klosterman et Sadler (2010) qui questionne l'impact d'une séquence d'enseignement sur le réchauffement climatique sur le développement des connaissances, les résultats obtenus ici montrent que les élèves appréhendent mieux la complexité de la question par l'acquisition de connaissances scientifiques. De plus, les concepts scientifiques sont mieux compris, même si certains restent approximatifs. Cependant, il faut être conscient qu'il s'agit de connaissances liées spécifiquement à la question étudiée. En effet, certains autres résultats de recherche (Grooms, Sampson & Golden, 2014) ont montré qu'il y a un transfert peu important des connaissances d'une QSS étudiée à une autre.

Des gains, à propos des aspects environnementaux, de la disponibilité de ces énergies et des rendements associés en termes énergétique et économique, nous engagent à dire que ces élèves ont pris conscience de ces différents enjeux. Ils se saisissent d'une partie de la complexité du choix des alternatives d'énergies renouvelables, découvrant que les avantages et les inconvénients de nature différente sont à prendre en compte. Cela contribue à préciser, à complexifier leur point de vue et à avoir une vision moins « naïve » du problème énergétique.

Tous ces résultats seraient à confirmer en analysant plus finement les transcriptions des échanges entre les étudiants avec une grille d'analyse encore à construire. Nous pourrions aussi envisager d'analyser nos données pour déterminer comment l'étude de la question du choix énergétique par ce jeu de rôle - ou une version améliorée de celui-ci dans le cadre du DBR - contribue aux dimensions « argumentation » et « engagement » qui caractérisent une Éducation Citoyenne critique, conformément à notre modèle. Il serait alors nécessaire de procéder à de nouvelles itérations avec des effectifs plus conséquents pour disposer d'un échantillon plus significatif.

BIBLIOGRAPHIE

- Albe, V. (2007). *Des controverses scientifiques socialement vives en éducation aux sciences. Etat des recherches et Perspectives*. Mémoire de synthèse pour l'Habilitation à diriger des Recherches, Université Lyon 2, Lyon.
- Bader, B. (2001). *Étude de conversations estudiantines autour d'une controverse entre scientifiques sur la question du réchauffement climatique*. Thèse de doctorat, Université de Laval, Laval, Québec.
- Bader, B. (2003). Interprétation d'une controverse scientifique : stratégies argumentatives d'adolescentes et d'adolescents québécois. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 3, 231-250.
- Barrué, C. & Albe, V. (2013). Citizenship education and socioscientific issues: Implicit concept of Citizenship in the Curriculum, views of French Middle School Teachers, *Science & Education*, 22, 5, 1089-1114.
- Barrué, C. (2014). *L'enseignement des thèmes de convergence au Collège : Mise en débat d'une question socioscientifique en classe pour une Éducation Citoyenne critique*. Thèse de Doctorat. ENS de Cachan. École doctorale des sciences pratiques de Cachan.
- Barrué, C. (2017). Débat sur une question sociocientifique : expertise de l'information dans le cadre d'une Éducation Citoyenne. *Revue Suisse des Sciences de l'Éducation*.
- Böttcher, F. & Meisert, A. (2013), Effects of Direct and Indirect Instruction on Fostering Decision-Making Competence in *Socioscientific Issues*, *Research of Science Education*, 43, 479-506.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.
- Grace, M. (2009). Developing High Quality Decision-Making Discussions About Biological Conservation in a Normal Classroom Setting. *International Journal of Science Education*, 31, 551-570.
- Grooms, J., Sampson, V. & Golden, B. (2014) Comparing the Effectiveness of Verification and Inquiry Laboratories in Supporting Undergraduate Science Students in Constructing Arguments Around Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 36 (9), 1412–1433.
- Hingant, B. (2013). *Les nanotechnologies dans l'enseignement secondaire : Une recherche sur la compréhension des controverses "nanos" par des lycéens*. Thèse de Doctorat. ENS de Cachan, Institut Néel de Grenoble, École Doctorale de l'Ingénierie de la Santé, de la Cognition et de l'Environnement de Grenoble.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25, 645- 670.
- Hodson, D. (2010). Science Education as a Call to Action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10, 197- 206.
- Hogan, K. (2002). Small groups'ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 341-368.
- Jiménez-Aleixandre, M.-P. & Pereiro-Muñoz, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24, 1171-1190.
- Klosterman, M.L. & Sadler, T. D. (2010). Multi-level Assessment of Scientific Content Knowledge Gains Associated with Socioscientific Issues-based Instruction, *International Journal of Science Education*, 32 (8), 1017-1043.

- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, *85*, 291–310.
- Larochelle, M. & Desautels, J. (2001). Les enjeux des désaccords entre scientifiques : un aperçu de la construction discursive d'étudiants et étudiantes. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, *1*, 39-60.
- Levinson, R. (2004). Teaching Bioethics in Science: Crossing a bridge too Far? *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *4*, 353-369.
- Molinatti, G., Girault, Y. & Hammond, C. (2010). High School Students Debate the Use of Embryonic Stem Cells: The influence of context on decision-making, *International Journal of Science Education*, *32* (16), 2235-2251.
- Roth, W.-M. & Desautels, J. (2004). Educating for citizenship: Reappraising the role of science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *4*, 149-168.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*, 513–536.
- Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, *45* (1), 1- 42.
- Simonneaux, L. (2006). Quel enjeu éducatif pour les questions biotechnologiques ? In A. Legardez & L. Simonneaux (Eds.), *L'École à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. (pp. 33-59). Paris : ESF.
- Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*, 35- 62.

ANNEXE 1 : MODÈLE D'« ÉDUCATION CITOYENNE CRITIQUE POUR L'ÉTUDE D'UNE

QUESTION SOCIOSCIENTIFIQUE »

Il prend en compte les conditions de scolarisation d'une QSS dans une visée d'ECc avec une double visée : construire des dispositifs d'enseignement et de recherche et être un outil d'analyse des ceux-ci. La construction de cette modélisation souple s'appuie sur des éléments théoriques et des données empiriques, identifiés à travers des revues de littérature en socio-politique et en didactique des sciences sur la scolarisation des QSSs. Cinq dimensions caractérisent une ECc et certains éléments de la scolarisation des QSSs (Albe, 2007) qui les orientent : la dimension « connaissances », la dimension « argumentation », la dimension « enjeux », la dimension « information » et la dimension « engagement ». Nous donnons ci-après quelques éléments d'éclairage de celles-ci.

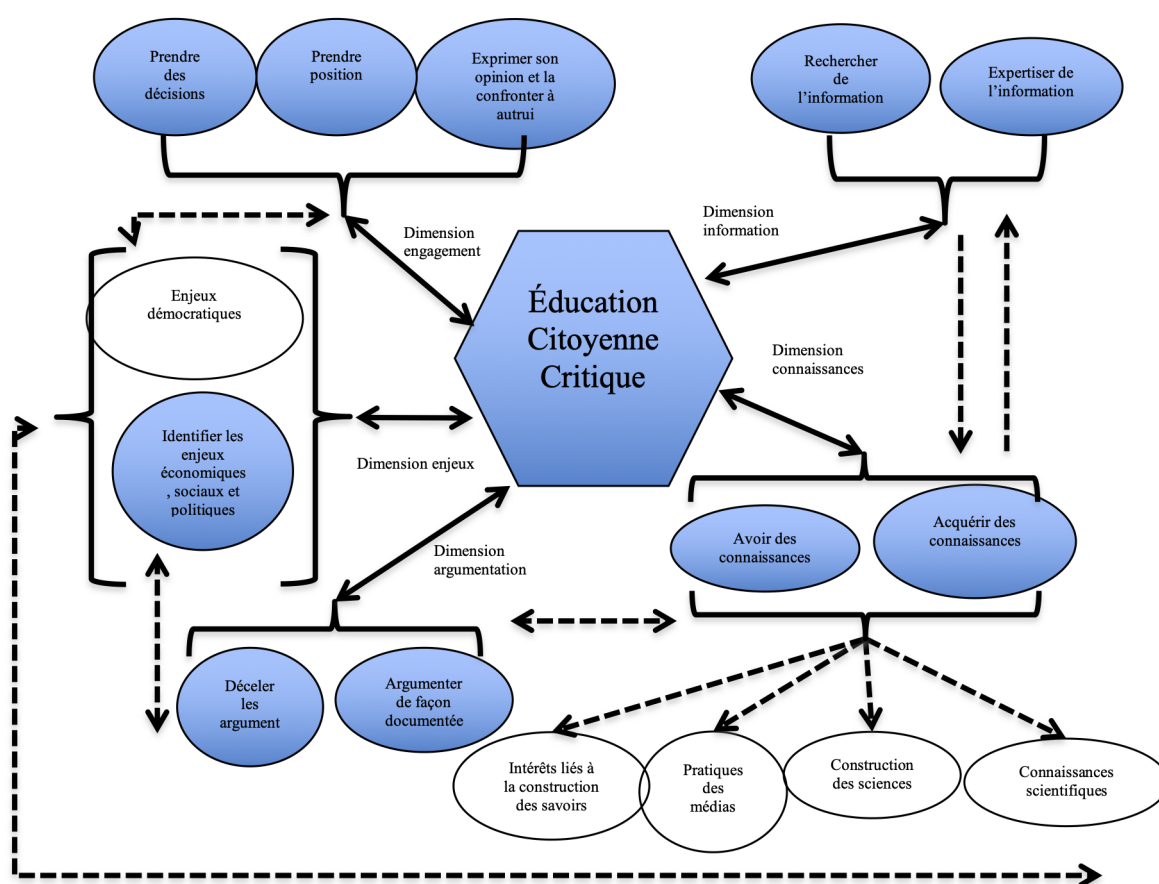


Figure 2. : Modèle d'« Éducation Citoyenne critique pour l'étude d'une Question Socioscientifique ».

LA DIMENSION « CONNAISSANCES »

La scolarisation des controverses socioscientifiques pose la question des savoirs mobilisés. Même si la question de la nécessité de posséder des connaissances dans les domaines scientifiques relatifs aux QSSs pour développer une citoyenneté critique semble acquise, elle n'en demeure pas moins problématique dans leur prise en compte dans la réalité du terrain d'enseignement. Les savoirs et les pratiques, relatifs aux QSSs, sont eux mêmes des objets controver-

sés et contestés. Les enseignants doivent alors composer avec ces savoirs non établis et des savoirs reconnus en didactique comme des savoirs scolaires, des savoirs naturels et sociaux et les savoirs et pratiques de référence dans des groupes (Albe, 2007). Ce contexte d'apprentissage adossé à des activités sur des QSSs fournirait un certain nombre de connaissances scientifiques aux élèves (Kolstø, 2001) qui favoriserait le développement d'autres savoirs informés.

DIMENSION « ENGAGEMENT »

Au regard d'une littérature en socio-politique, la nécessité d'engager sa responsabilité en tant que citoyen actif et critique, nous a conduite alors à considérer trois critères dans cette dimension. Un premier niveau vers l'engagement dans l'exercice d'une citoyenneté critique suppose que le citoyen exprime son opinion. Un deuxième niveau le conduisant sur ce chemin est la nécessité de confronter son opinion à celles des autres pour engager des discussions. Elles peuvent alors les amener à proposer diverses orientations. Le dernier niveau vers une autonomie responsable serait de prendre part aux décisions visant à influencer les choix politiques. En didactique des sciences, cette volonté d'engager les élèves dans la voie des prises de décision comme une visée d'EC, est elle aussi affirmée. L'expression de la voix, la responsabilité et l'impact des décisions, sont les clés d'un engagement critique et responsable futur (Roth & Desautels, 2004). Cela suppose aussi que sur le terrain, des dispositifs adaptés, propices aux développements de ces compétences citoyennes, puissent être mis en place (Levinson, 2004).

DIMENSION ARGUMENTATION

La prise en compte de l'argumentation via l'étude des QSSs en classe vise à améliorer la compréhension des concepts scientifiques et à développer les compétences argumentatives des élèves (Zohar & Nemet, 2002). L'ambition éducative est de les préparer à participer aux débats en tant que citoyen. L'enjeu social est alors d'étudier à quelles conditions la participation des citoyens aux choix associés est envisageable. C'est pourquoi, il est nécessaire de former les élèves à l'argumentation (Zohar et al., 2002). Le débat apparaît alors comme un outil pertinent (Molinatti, 2007 ; 2010). Il faut alors examiner les contenus des arguments et les procédés d'argumentation propres à l'interaction sur des QSSs qui ont la particularité d'être ancrées dans un contexte sociopolitique.

DIMENSION ENJEUX

Il s'agit de se pencher sur la prise en compte par les élèves, des aspects sociaux, économiques, éthiques et politiques puisque ce sont des aspects dont ces QSSs ne peuvent s'affranchir puisqu'ils participent à leur complexité. Des recherches font état du peu de prise en compte de ces aspects par les élèves (Larochelle & Desautels, 2001 ; Bader, 2001 ; 2003). Molinatti (2007 ; 2010) précise qu'ils se centrent sur les aspects scientifiques. Larochelle et al. (2001) attribuent cela à une déconnexion entre les sciences scolaires et le monde réel, alors que Bader (2001 ; 2003) avance que c'est le résultat d'une survalorisation des sciences dans nos sociétés qui fait passer au second plan les aspects économiques et politiques, notamment en ce qui concerne le réchauffement climatique.

DIMENSION INFORMATION

Elle cible deux critères : rechercher de l'information et expertiser de l'information. Il n'est pas possible de faire l'économie d'une formation à la recherche et à l'expertise d'informations car les QSSs mettent en jeu des informations contradictoires, souvent provisoires, du fait des liens qu'elles entretiennent avec des savoirs non établis. La formation des élèves à l'expertise de l'in-

formation apparaît comme une nécessité si le but recherché est de contribuer à la construction d'un citoyen capable de démêler le « vrai » du « faux » et d'appréhender les enjeux qui orientent l'information pour tenter d'échapper à une forme de manipulation. C'est pourquoi, il est important d'étudier les stratégies des élèves lorsqu'ils choisissent des documents (Kolsto, 2011). La manière dont ils évaluent des sources dans l'Internet et des informations recueillies qui contribuent à construire leurs connaissances et leurs opinions doit être précisément connues.

ANNEXE 2 : DONNÉES RECUEILLIES ET ANALYSE - PREMIERS RÉSULTATS POUR LE PANEL

D'ÉTUDIANTS

LES DONNÉES ET LES MÉTHODES D'ANALYSE

Pour répondre à notre question de recherche relative aux connaissances acquises à travers ce jeu de rôle, nous avons recueilli plusieurs types de données.

DES PRÉ- ET POST-TESTS

Nous avons tout d'abord demandé aux élèves des deux panels de répondre individuellement à un questionnaire une première fois, avant de commencer le jeu (pré-test) ; la seconde fois, quelques jours après le jeu (post-test). Les questions posées lors des 2 tests sont les mêmes. Idéalement, pour vérifier si les connaissances ont été acquises durablement, il aurait fallu pouvoir effectuer le post-test plusieurs semaines après le jeu, mais nous aurions alors été incapables de distinguer les connaissances acquises grâce au jeu et celles acquises lors des activités pédagogiques ultérieures.

Trois questions ont été posées aux élèves :

- Question 1 : Citez toutes les formes d'énergies renouvelables que vous connaissez.
- Question 2 : Expliquez le principe de chaque dispositif de production énergétique cité dans la réponse à la question 1.
- Question 3 : Citez des avantages et des inconvénients pour chaque dispositif de production
- QCM : Quelle portion de la France métropolitaine faudrait-il couvrir pour satisfaire l'ensemble de ses besoins actuels en électricité ? Choix possibles : 100 % ; 50 % , 25 % , 5 % , 1 % , la bonne réponse étant 1 %.
- Combien de foyers peut alimenter une éolienne de 60 m de haut (1MW) ? Choix possibles 100, 500, 2000, 5000, 10000, 20000, la bonne réponse étant 500.

Pour analyser les réponses à la première question du questionnaire, nous avons fait le choix d'une analyse quantitative. L'inventaire des différentes réponses des participants ainsi que leur comptage, ont été faits dans le cas du pré- et post-test. Nous faisons l'hypothèse que les participants ont augmenté leurs connaissances s'ils sont capables d'énoncer un plus grand nombre de filières d'énergie renouvelables après le jeu.

Pour la question 2, nous avons relevé les réponses dans les deux tests pour chaque élève et pour chaque énergie citée. Nous avons ensuite comparé le contenu de la réponse du post-test aux éléments donnés dans la « carte énergie », dans la rubrique « principe ». En effet, nous

faisons aussi l'hypothèse que, si des éléments de la carte sont repris deux semaines après, c'est que ce jeu de rôle a contribué à l'acquisition de connaissances nouvelles. Nous avons regroupé, dans un seul tableau, les éléments explicatifs donnés par chaque élève pour chaque énergie dans les pré et post-tests, ainsi que les éléments de la carte qui ont été repris.

L'analyse de la question 3, concernant les avantages et les inconvénients de l'utilisation d'une énergie renouvelable, nous permet de déterminer si le niveau de connaissances des élèves a augmenté, mais aussi s'ils ont pris conscience au cours du jeu de rôle des enjeux socio-politico-économiques liés à la question du choix des énergies. Nous avons alors comparé les réponses données lors des pré et post-tests. Nous avons analysé le contenu des réponses du post-test pour chaque élève en référence aux éléments donnés sur les « cartes énergie », dans les rubriques « avantages », « inconvénients », « impact sur l'environnement » et « apport énergétique ». Nous avons également regroupé toutes ces données analysées dans un seul tableau synthétique.

Nous avons utilisé les résultats de la seconde et troisième question pour établir s'ils avaient une connaissance approfondie ou non des filières d'énergie qu'ils citaient. Nous avons procédé à une analyse qualitative des réponses à la question 2. Cela nous a permis de vérifier si leurs connaissances initiales étaient justes ou fausses. Pour l'analyse quantitative des réponses à question 3, nous faisons l'hypothèse que, plus les participants sont capables de citer des avantages et des inconvénients d'une filière et plus leur connaissance de celle-ci est approfondie. Cette analyse nous permet également de savoir s'ils ont, ou non, pris conscience, au cours du jeu de rôle, des enjeux socio-économiques en environnementaux liés au choix des différentes filières d'énergies mobilisables.

ENREGISTREMENT AUDIO ET VIDÉO DES DISCUSSIONS ENTRE LES ÉTUDIANTS (PANEL 2)

Nous avons aussi enregistré les discussions au sein des 4 groupes d'étudiants. Notre volonté était d'avoir plus d'informations sur les arguments échangés pour répondre à l'objectif du jeu, c'est-à-dire trouver une solution capable de répondre au besoin en énergie de la communauté qu'ils représentent.

Nous avons également filmé le débat final entre les 4 groupes lors de la présentation des solutions énergétiques retenues et leur mise en commun pour arriver à une solution permettant de satisfaire l'ensemble des besoins des 4 communautés, soit de l'île.

À ce stade de la recherche, ces enregistrements ont été transcrits puis exploités de façon essentiellement qualitative dans le but de valider ou non les résultats de l'analyse des questionnaires. Par exemple : est-ce qu'une filière énergétique non citée était une filière inconnue des élèves ou simplement un oubli ?

TRACE ÉCRITE / DOCUMENT RÉPONSE.

Toujours pour les étudiants du panel 2, nous avons enfin recueilli une trace écrite de leur travail de groupe (en binômes). Il leur a été demandé de remplir un document réponse où :

- ils explicitaient les différentes solutions choisies. Pour cela il a été demandé d'insérer une copie de la feuille de calcul détaillant les nombres d'éoliennes, panneaux photovoltaïques, unités de biomasse ou de géothermie ... qu'ils envisageaient d'installer. Cette feuille leur permettait de vérifier si les quantités d'énergies ainsi produites permettaient de couvrir les besoins de la population considérée. Elle permettait également de calculer le coût économique et la quantité d'émission de CO2 pour la solution retenue ;
- ils donnaient les critères qu'ils s'étaient fixés qui justifiaient ce choix ;
- ils procédaient à une autocritique de la solution retenue : « En quoi la solution

- retenue répond / ne répond pas à vos attentes ? » ;
- ils expliquaient quelles solutions avaient été discutées mais non retenues et pourquoi.

Ce document-réponse a essentiellement été utilisé pour faciliter l'interprétation des échanges au sein des groupes.

LES PREMIERS RÉSULTATS CONCERNANT LE PANEL D'ÉTUDIANTS (PANEL 2)

QUESTION 1 : CITEZ TOUTES LES FORMES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES QUE VOUS CONNAISSEZ.

Lors du pré-test, tous les étudiants ont cité l'éolien ou le photovoltaïque (mais ces technologies étaient évoquées dans le QCM de la seconde partie). Pour les autres filières, le taux de citation va de 5 sur 8 pour l'hydroélectricité ou à la géothermie à 2 sur 8 pour les systèmes houlomoteurs. Lors du post-test, tous les étudiants ont cité au moins 8 des 9 filières d'énergie renouvelable décrites dans les fiches « énergies ».

QUESTION 2 : EXPLIQUEZ LE PRINCIPE DE CHAQUE DISPOSITIF DE PRODUCTION ÉNERGÉ-

TIQUE CITÉ DANS LA RÉPONSE À LA QUESTION 1.

Lors du pré-test, tous ont été capables d'expliquer, au moins succinctement, le principe de fonctionnement de chacun des systèmes cités. Cependant, nous notons seulement quelques imprécisions au niveau du vocabulaire.

Lors du post-test peu d'étudiants se sont donnés la peine de ré-expliquer les principes de fonctionnement des différentes filières. Nous avons donc été contraints de nous référer essentiellement à la question 3 pour savoir s'ils avaient acquis ou augmenté leurs connaissances sur des filières citées.

QUESTION 3 : CITEZ DES AVANTAGES ET DES INCONVÉNIENTS POUR CHAQUE DISPOSITIF

DE PRODUCTION.

Lors du pré-test, 7 étudiants sur 8 ont ainsi été capables de citer au moins un avantage ou un inconvénient pertinent¹ pour le photovoltaïque ou l'éolien.

Pour les autres filières, ce ratio n'a pas dépassé 1 sur 2 et aucun des 3 étudiants qui ont cité l'hydrolienne n'a été capable de citer un seul avantage ou inconvénient.

Lors du post-test, tous les étudiants ou presque ont été capables de citer au moins un avantage ou un inconvénient de toutes les filières qu'ils citaient.

QCM

Les résultats du QCM sont difficilement interprétables. D'abord, parce que les effectifs (seulement 8 étudiants pour le pré-test) et aussi parce que seulement 6 des 8 étudiants qui ont répondu au pré-test, ont également participé au post-test.

Tout ce que nous pouvons conclure, c'est qu'il n'y a pas d'amélioration visible des connaissances

1 Il n'a été retenu que les avantages ou inconvénients « pertinents ». Par exemple, dire d'une énergie renouvelable qu'elle a l'avantage d'être « renouvelable » ou « gratuite » n'a pas été considéré comme pertinent. De même, dire que l'éolien peut être également placé en mer (offshore) n'a pas été retenu comme avantage ou inconvénient de la filière.

des étudiants sur les quantités d'énergie productibles des éoliennes et des panneaux photovoltaïques. Le seul observable est que les étudiants ont revu à la hausse les quantités d'énergies produites par rapport à leur estimation initiale.

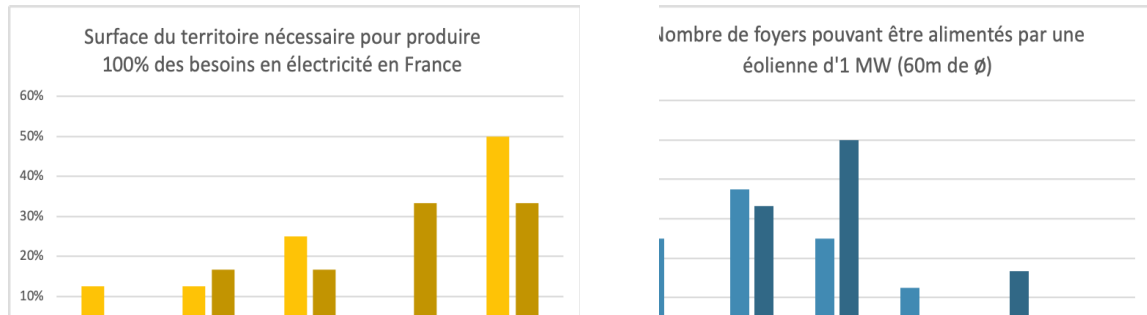


Figure 3. : Résultats du QCM

UN NOUVEL OUTIL D'APPUI À LA RÉUSSITE DES ÉTUDIANTS EN 1ÈRE ANNÉE DE L'UNIVERSITÉ EN BELGIQUE LE SUIVI PERSONNALISÉ

Pierre Rigo¹

1 : Université de Liège

Résumé : L'objectif de ce travail est de montrer la mise en place d'un système de suivi personnalisé des activités des étudiants durant l'année académique. Ce système a pour but de prévenir les étudiants lorsqu'ils sont en « décrochage » et de pouvoir y remédier. L'étudiant peut ainsi rapidement prendre conscience de son niveau de participation et de ses résultats qui ne sont peut-être pas en accord avec les attentes du cours. Cela permettrait aussi d'orienter les étudiants vers les ressources d'aide les plus appropriées, en fonction de leur situation et des difficultés rencontrées. Enfin, cet outil permettrait aux intervenants d'être proactifs auprès des étudiants présentant des signes de difficultés ou de décrochage.

Mots-clés : learning analytics, suivi, prévention, aide personnalisée

A NEW TOOL TO SUPPORT THE STUDENT SUCCESS IN THE UNIVERSITY FIRST YEAR IN BELGIUM PERSONALIZED MONITORING

Abstract : The main goal of this work is to show the set up of a system of personalized monitoring for the students activities during their first academic year. The purpose of this system would be to prevent students from being «stalled» and to be able to quickly help them. This system will also be able to attract his attention, and make him realize very early that he don't follow the course requirements and expectations. Students would be able to quickly become aware of their participation level and results, which may not be in line with the course expectations. This would also make it possible to direct the students towards the most appropriate aid resources according to their situation and the difficulties encountered. Finally, this tool would allow the teachers to be proactive with students presenting difficulty or stall signs.

Keywords : learning analytics, monitoring, prevention, personalized help

ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

La réussite de la première année d'enseignement supérieur constitue un réel défi pour les étudiants. En Fédération Wallonie-Bruxelles, seuls 40 % des étudiants parviennent à passer ce cap (Leclercq & Parmentier, 2011) et ce chiffre a tendance à diminuer au fil du temps (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2015). Outre un taux d'échec important, c'est également lors de cette année que le taux d'abandon est le plus élevé (+/- 30 %) (Dozot & Piret, 2006).

À l'échelle des étudiants, des éléments tels que l'origine socio-économique et culturelle, le parcours scolaire, le niveau de compétences, le projet personnel, la perception de ses capacités, la motivation, l'intégration sociale et économique ou encore les méthodes de travail, sont fréquemment cités pour expliquer le faible taux de réussite en première année (Galand, Neuville & Frenay, 2005 ; Crépin & Demonty, 2008).

Enfin, la qualité des dispositifs d'enseignement est un vecteur-clé de la promotion de la réussite, comme le montre la mise en place de dispositifs particuliers d'aide à la préparation des examens, d'évaluations formatives et de feedbacks structurés (Parmentier, 2005).

Une solution supplémentaire qui pourrait être apportée pour aider les étudiants dans leur réussite : un système de suivi personnalisé. Ce genre de dispositif a, par exemple, été mis en place au Canada (Université de Laval), et a largement montré son efficacité (Pothier et al. 2016). Leur dispositif (« Appui à la réussite ») est un ensemble d'outils uniques et novateurs de dépistage des étudiants en situation difficile. Ces outils sont directement intégrés dans l'environnement numérique d'apprentissage des étudiants et leur offrent des indicateurs qui les renseignent, en temps réel, sur leur niveau de participation et de performance dans les cours. Aussi visibles par les enseignants et les directeurs de programme, les outils d'Appui à la réussite permettent des interventions proactives et un encadrement personnalisé visant à prévenir les situations d'échec ou d'abandon. Ce projet pionnier montre donc que le suivi des activités a une incidence sur le taux de réussite des étudiants. C'est à ce niveau que nous plaçons cette communication qui vise à présenter un dispositif de suivi des activités des étudiants mis en place à l'Université de Liège (Belgique).

OBJECTIFS DU DISPOSITIF

Plusieurs activités visant à aider les étudiants dans leur étude ont été mises en place depuis la création du cours (livre d'entraînement, plateforme intranet, forum de discussion, séances d'exercices...). Cependant, aucune de ces activités n'apportait réellement de solution personnalisée, selon les intérêts et besoins de chacun des étudiants. L'objectif de ce travail était donc de mettre en place un système de suivi personnalisé des étudiants durant l'année académique, pour un cours particulier de première année. Ce système a pour but de prévenir les étudiants lorsqu'ils sont en « décrochage » et de pouvoir y remédier. Ce suivi a pour objectif d'analyser les différentes activités d'apprentissage des étudiants de manière globale et intégrée. Ainsi, nous nous inscrivons dans une démarche de Learning Analytics tels que définis par Elias (2011), qui ont déjà largement montré leur portée et leurs intérêts (Greller & Drachsler, 2012 ; Siemens 2013).

L'étudiant peut ainsi rapidement prendre conscience de son niveau de participation et de ses résultats qui ne sont peut-être pas en accord avec les attentes du cours. Cela permet aussi d'orien-

ter les étudiants vers les ressources d'aide les plus appropriées, en fonction de leur situation et des difficultés rencontrées. Enfin, cet outil permet aux intervenants d'être proactifs auprès des étudiants présentant des signes de difficultés ou de décrochage. Ainsi, ce dispositif permet donc de développer un apprentissage réellement personnalisé. Cette nouvelle dimension est en accord avec des modèles pour un enseignement rempli de bonnes pratiques, comme celui décrit par Kalantzis et Cope (2012).

QUESTIONS DE RECHERCHE

Le but de la recherche est d'évaluer le dispositif de suivi mis en place pour le cours de Biologie en première année. Cette évaluation se fera, notamment, sur les questions de recherche suivantes :

- Le dispositif de suivi permet-il d'identifier les étudiants en difficultés et si oui, dans quelle mesure ?
- Quel impact ont eu les avertissements sur les activités des étudiants ?
- Quel est le ressenti des étudiants vis-à-vis de ce dispositif de suivi ?
- Quels sont les indicateurs d'activités qui prédisent le mieux la réussite de l'étudiant à l'examen ?

MÉTHODOLOGIE

POPULATION

Le cours de Biologie concerné par la présente étude se déroule en Faculté des Sciences de l'Université de Liège. Les étudiants qui suivent ce cours sont inscrits en première année en Sciences Biologiques et en Sciences Chimiques. La cohorte se composait donc, selon les années, de 150 à 200 étudiants environ.

MISE EN PLACE DU DISPOSITIF

Ce dispositif a été mis en place pour la première fois à l'Université de Liège durant l'année académique 2017-2018. Cette première année exploratoire a permis à l'équipe pédagogique de tester différents paramètres et de pouvoir les adapter par la suite. La première année de mise en œuvre réelle de ce dispositif de suivi a été l'année académique 2018-2019. L'année en cours (2019-2020) poursuit ce projet.

INDICATEURS DU SUIVI

Différents indicateurs d'activités des étudiants (mis à jour durant la première année de test) ont ainsi été sélectionnés. Ces informations ont ensuite été compilées dans le système de suivi globalisé. Ces indicateurs sont principalement :

- Quelques données d'entrée (nombre d'heures suivies en sciences et en mathématiques dans le secondaire, redoublement dans le parcours scolaire...), globalisées en un indicateur de « risque » à l'entrée ;
- Des données de présence (séance d'inscription aux travaux pratiques, séances d'aide à l'étude, aux travaux pratiques) ;
- Des données de participation à différents tests en ligne proposés (tests formatifs, tests préparatoires aux travaux pratiques) ;
- Des données de performance à ces tests, mais aussi aux interrogations lors des

- travaux pratiques ;
- Des données liées à l'utilisation du contenu libre de la plateforme intranet (nombre d'accès au site, nombre de pages consultées, nombre de fichiers téléchargés, nombre de messages consultés/rédigés, nombre de tentatives aux évaluations formatives...).

Nous avons choisi ces paramètres au départ, car ils nous semblaient les plus pertinents pour avoir un bon suivi complet des activités des étudiants durant l'année (Erdogan, 2014 ; Melchior, 2015 ; Poffé & Hindryckx, 2012 ; Poffé & Rigo, 2016). Bien entendu, la mise en place d'un tel système à plus long terme et surtout son analyse d'impact, feront peut-être émerger d'autres indicateurs ou rendront certains paramètres plus pertinents (et plus prédictifs d'un décrochage) que d'autres. Nous pourrions ainsi tester la pertinence de ces différents paramètres et en ajouter d'autres.

RÉCOLTE DES DONNÉES

Les données relatives aux indicateurs cités ci-dessus ont été récoltées pour chaque étudiant, avec son consentement préalable. Les modalités de cette récolte sont variées : questionnaire en ligne, tableur partagé, carnet de notes de la plateforme intranet...

L'ensemble de ces données a ensuite été compilé dans un tableur (lignes = étudiants, colonnes = indicateurs). Les analyses ultérieures ont été effectuées à partir de ce tableur.

Pour les années 2017-2018 et 2018-2019, le résultat de l'étudiant, obtenu à l'examen de la session de janvier, a aussi été intégré à l'analyse.

POINTS DE CONTRÔLE

Deux « points de contrôle » (« check-points ») ont été prévus pendant la période sur laquelle le cours s'étend. Ces points nous permettent de « figer » la situation de l'étudiant à un moment donné.

Lors du premier checkpoint (après 5 semaines), les indicateurs de participation sont pris en compte. Si un ou plusieurs de ces paramètres posent un problème, un email est envoyé à l'étudiant pour le mettre en garde sur les différents points à améliorer.

Au second checkpoint (après 8 semaines), les indicateurs de performance sont ajoutés aux indicateurs de participation. Un score est attribué pour chaque modalité de chaque indicateur et un score global est calculé, selon une formule regroupant tous les indicateurs, en les pondérant selon leur importance. Par exemple, les indicateurs de performance ont un poids plus important que les indicateurs de participation dans le calcul du score global. Si le score global de l'étudiant est jugé insuffisant, il est invité à participer à des séances supplémentaires (méthodologie, exercices...) et à prendre rendez-vous avec un assistant, pour pouvoir discuter avec lui de la meilleure façon d'améliorer sa situation en utilisant les outils mis à sa disposition. L'assistant pourra également, si nécessaire, orienter l'étudiant en difficulté vers le service « guidance » de l'université. À l'inverse, si les paramètres d'activité sont bons, un message est tout de même envoyé à l'étudiant, afin de l'encourager dans ce sens et de le renforcer (sans toutefois qu'il ne se repose sur ses lauriers). Ce second checkpoint fait donc l'état des lieux des activités des étudiants, à un moment donné.

Différentes catégories d'étudiants ont ainsi été créées, selon leurs scores globaux (et donc, selon leurs paramètres d'activité). Chacune de ces catégories a reçu un message personnalisé.

QUESTIONNAIRE D'AVIS

En fin de processus (après l'examen de janvier), un questionnaire a été proposé aux étudiants afin de percevoir leur avis sur le dispositif de suivi. L'intérêt de prendre en compte le point de vue des étudiants sur le cours pour innover dans la formation, l'enseignement et la recherche a été mis en évidence à de nombreuses reprises (synthétisé dans Gaudin et al., 2019).

Ce questionnaire a été construit par l'équipe pédagogique afin de pouvoir avoir le ressenti « à froid » sur la façon dont ils perçoivent ce dispositif. Le questionnaire a été proposé à tous les étudiants encore présents lors du deuxième quadrimestre, de manière facultative. Ainsi, 119 étudiants ont répondu à ce questionnaire.

RÉSULTATS

Les premières analyses tendent à mettre en valeur certaines corrélations intéressantes : il existe une relation entre la catégorie de l'étudiant lors du deuxième point de contrôle ainsi que sa participation et sa réussite à l'examen de janvier. Par exemple, les étudiants ayant obtenu le score global le plus élevé (n=23) ont tous participé à l'examen et près de 80 % d'entre eux (n=18) ont réussi l'examen. À l'inverse, parmi les étudiants ayant obtenu le score global le plus bas (n=25), un seul a réussi l'examen. Les résultats pour les différentes catégories (1 = score global le plus élevé) sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Catégorie	Nombre	Participation	Réussite	Moyenne (/20)
1	23	23 (100 %)	18 (78 %)	12,3
2	45	43 (95 %)	21 (47 %)	9,3
3	20	19 (95 %)	10 (50 %)	8,6
4	81	66 (81 %)	12 (15 %)	6,5
5	25	3 (12 %)	1 (4 %)	4,75

Si on analyse les résultats des examens de façon statistique, on peut effectivement montrer que les résultats des étudiants du groupe 1 sont, en moyenne, meilleurs que ceux des étudiants des autres groupes. On voit également que les groupes 2 et 3 ne diffèrent pas de façon significative, tandis que les étudiants du groupe 4 sont, en moyenne, caractérisés par des résultats assez faibles.

L'impact de l'avertissement suite au 2ème check-point a aussi été étudié en recalculant le score global des étudiants à la fin du quadrimestre. En effet, les activités d'enseignement continuent après le check-point 2 et donc, de nouvelles données pour chaque indicateur sont disponibles. Suite à cette analyse, on observe un basculement vers les scores globaux plus élevés de la médiane de la répartition des étudiants. Ainsi, un glissement net des activités des étudiants est observé, vers une amélioration des activités, à la suite de l'avertissement reçu par les étudiants. Sur les 126 étudiants identifiés comme étant en danger lors du 2ème check-point (catégories 3, 4 et 5), 49 ont nettement amélioré leur score. Les 23 étudiants des catégories 3-4-5 ayant réussi l'examen (voir tableau ci-dessus) se situent dans ces 49 étudiants.

Afin d'objectiver au mieux ces analyses, l'équipe pédagogique a travaillé en partenariat avec un service de statistique de l'Université de Liège. Ce partenariat avait pour but principal de pouvoir objectiver au mieux quels étaient les indicateurs d'activités qui prédisaient le plus la réussite à l'examen. Si on observe la moyenne de l'examen, la présence aux aides à l'étude est la variable prépondérante. Viennent ensuite les scores aux tests formatifs et à l'interrogation lors de la première séance de TP. En binarisant le résultat de l'examen (réussite vs échec), on peut modéliser la probabilité de réussite à l'aide d'un modèle ne tenant compte que d'une seule variable de prédiction : le résultat à l'interrogation du premier TP. Le modèle indique que dès qu'un étudiant obtient une note d'au moins 8,5/20 à cette interrogation, sa chance de réussite à l'examen est plus importante que son risque de rater.

En fin de processus, un questionnaire a été proposé aux étudiants afin de percevoir leur avis sur le dispositif de suivi. Les résultats de ce questionnaire montrent que 83 % des étudiants interrogés ont trouvé ce dispositif utile. Il est intéressant de noter que 85 % des étudiants considèrent que le dispositif de suivi devrait être étendu à tous les cours du premier quadrimestre.

Concernant l'impact des avertissements toujours, mais ici sur la motivation des étudiants, 54 % des étudiants considèrent que les avertissements ont été une source de motivation, tandis que 36 % les trouvent décourageants.

DISCUSSION

Concernant la mise en place du dispositif, le retour sur la première année de test (2017-2018) nous a permis de rapidement nous rendre compte que les moyens techniques et de personnel, liés à un tel dispositif, ne sont pas négligeables. Nous n'avons donc pas pu mettre en place tout ce que nous aurions voulu pour cette année de test. Lors de la mise en place plus concrète du dispositif l'année suivante (2018-2019), l'analyse des données récoltées a été indéniablement orientée par certains choix de la part de l'équipe pédagogique.

Ensuite, le classement des étudiants dans des groupes distincts a mis en évidence un potentiel danger d'interprétation. En effet, il convient de ne pas généraliser la situation des étudiants au sein de leur groupe. On a, par exemple, observé des réussites dans chacun des groupes d'étudiants, même dans les groupes présentant un score global faible pour les activités. Ainsi, le classement, tel qu'il a été conçu, présente bien sûr ses limites. La formule utilisée pour calculer un score global d'activités par étudiant ne permet que des analyses en deux dimensions (score selon étudiant). L'idéal serait de considérer chacun des indicateurs de manière indépendante, afin de pouvoir utiliser des analyses multivariées, à plus de dimensions.

Certains indicateurs, comme l'indicateur de « risque » à l'entrée, sont bien prédictifs, mais trop discriminants pour les analyses statistiques. En effet, il n'y a que deux modalités pour un indicateur qui peut être assez vaste. Une solution pourrait donc être de tenir compte de tous les paramètres entrant en compte dans cet indicateur, de manière indépendante (heures de sciences, heures de math. et redoublement). De plus, il existe toujours un certain danger à ne considérer qu'une seule variable prédictive pour le résultat à l'examen. Une fois encore, il ne faudrait pas généraliser la situation et surtout, ne pas décourager les étudiants qui n'ont pas réussi la première interrogation de TP. Ces résultats sont assez surprenants, montrant qu'une variable « précoce » (un mois seulement après la rentrée) est en fait celle qui pourrait expliquer le mieux la réussite à l'examen de janvier.

Certains indicateurs ont été délibérément mis de côté, car ils pouvaient potentiellement poser des problèmes éthiques (Slade & Prinsloo, 2013). Ainsi, on sait par exemple que le sexe de l'étudiant et le niveau d'instruction des parents ont une influence sur les probabilités de réussite (Lafontaine et al., 2012), mais nous avons choisi de ne pas prendre en compte ce type d'indicateurs.

Enfin, concernant le questionnaire sur le ressenti des étudiants vis-à-vis du dispositif, il a été réfléchi pour obtenir des résultats objectifs et sans ambiguïté. De ce fait, une attention particulière a été donnée au fait de ne pas influencer la réponse dans les propositions et de n'évaluer qu'une idée par question.

PERSPECTIVES

Dans le futur, si les moyens (financiers et temporels) nous le permettent, nous avons pour projet de pouvoir rendre ce système plus autonome, plus « automatique ». Un système informatique automatisé pourrait être mis en place, dans lequel nous n'aurions plus qu'à encoder les différentes informations. Le système donnerait alors directement les informations sur le décrochage de certains élèves et il sera plus facile et plus rapide de les contacter. Ce genre de système pourrait alors permettre un suivi « en temps réel », dynamique, plutôt que par « check-points ». De plus, si le dispositif s'avère efficace et facile à mettre en place, il pourra alors être étendu à d'autres cours, voire d'autres sections ou facultés.

À ce stade, le dispositif mis en place n'en est qu'aux balbutiements des nombreuses possibilités qu'offrent les Learning Analytics (Greller & Drachsler, 2012). En effet, nous nous concentrons dans un premier temps uniquement sur les données disponibles pour les étudiants, sans prendre en compte les potentielles données des professeurs, assistants et encadrants qui interviennent pour les différentes activités d'enseignement. Une nouvelle perspective pour la suite serait donc d'élargir le champ des données récoltées et analysées.

BIBLIOGRAPHIE

- Chenu, F. & Blondin, C. (2013). *Échouer puis réussir en 1er bac - Enquête auprès des étudiants. Rapport final relatif au 1er volet du projet de recherche « Échec, réussite et évaluations en 1ère année de l'enseignement supérieur »*.
- Crépin, F. & Demonty, I. (2008). *Étude portant sur l'amélioration de la transition entre l'enseignement secondaire et l'enseignement supérieur en Communauté française de Belgique par la mise en oeuvre d'expériences pilotes associant des enseignants du troisième degré de l'enseignement secondaire et de l'enseignement supérieur*. Liège : Unité d'analyse des Systèmes et des Pratiques d'enseignement de l'Université de Liège
- Dozot, C. & Piret, A. (2006, mars). *Le décrochage précoce dans le supérieur - Bilan de trois années d'accompagnement*. Communication présentée au 4ème congrès des chercheurs en éducation, Namur. En ligne : <http://www.enseignement.be/index.php?page=25286>
- Elias, T. (2011). *Learning Analytics: The Definitions, the Processes, and the Potential*. En ligne : <https://pdfs.semanticscholar.org/732e/452659685fe-3950b0e515a28ce89d9c5592a.pdf>
- Erdogan, T. (2014). *Aides à l'étude au premier bac en Sciences à l'Université de*

- Liège : suivi et perspectives*. Mémoire présentée en vue de l'obtention du grade de master en biochimie et biologie moléculaire et cellulaire à finalité didactique, non publié, Université de Liège, Liège.
- Fédération Wallonie Bruxelles. (2014). *Les indicateurs de l'enseignement. 10ème édition*. En ligne : <http://www.enseignement.be/index.php?page=26998&navi=4395>
- Galand, B., Neuville, S. & Frenay, M. (2005). L'échec à l'université en Communauté Française de Belgique : Comprendre pour mieux prévenir ? Chaire UNESCO de pédagogie universitaire. *Les cahiers de recherche en éducation et formation*, 39, 1-32.
- Gaudin, C., Heurtebize, S., Veyrunes, P. & Ria, L. (2019). Pédagogie universitaire : utiliser le point de vue des étudiants pour innover dans la formation, l'enseignement et la recherche. In L. Talbot & S. Chaliès (Eds.), *La pédagogie universitaire : quelles perspectives ?* (pp.107-118). Toulouse : Éditions Cepaduès. 978.2.36493.722.2
- Greller, W. & Drachsler, H. (2012). Translating Learning into Numbers: A Generic Framework for Learning Analytics. *Educational Technology & Society*, 15 (3), 42–57.
- Kalantzis & Cope (2012). *New Learning: Elements of a Science of Education*, Cambridge University Press, second edition, 2012.
- Lafontaine, D., Dupriez, V., Van Campenhoudt, M. & Vermandele, C. (2012). Le succès des « héritières » : effet conjugué du genre et du niveau d'études des parents sur la réussite à l'université. *Revue française de pédagogie*, 179, 29–48.
- Leclercq, D. & Parmentier, P. (2011). Qu'est-ce que la réussite à l'université d'un étudiant primant ? In Parmentier, P., *Recherches et actions en faveur de la réussite en première année universitaire (section 1)*. Bruxelles : Conseil interuniversitaire de la Communauté française. En ligne : http://www.ciuf.be/cms/images/stories/ciuf/reussite/2011_0102_section1.pdf
- Melchior, A (2015). *Dans le cadre des séances d'aide à l'étude mises en place en biologie au premier bachelier, suivi spécifique des séances relatives à l'énergétique cellulaire, analyse des aménagements et propositions didactiques*. Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de master en biologie des organismes et écologie à finalité didactique, non publié, Université de Liège, Liège.
- Parmentier, P. (2005). Quelques réactions au texte « L'échec à l'université : Comprendre pour mieux prévenir ». *Les cahiers de recherche en éducation et formation*, 39, 26-29.
- Poffé, C. & Hindryckx, M.-N. (2012). *Cours de Biologie au Premier Bachelier « 1, 2, 3 ... Sciences » : analyse didactique du dispositif d'aide à l'étude. Rapport intermédiaire – avril 2012*. Service de didactique des Sciences biologiques.
- Poffé, C. & Rigo P. (2016). *Outils d'aide à la réussite dans le cadre du cours de Biologie en premier bachelier de la Faculté des Sciences à l'Université de Liège : présentation et analyse*. Oral presentation (2016, June 08). 29ème congrès de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire AIPU (Lausanne, Switzerland).
- Pothier F., Charland G., Gingras S., Cloutier P.-Y. & Paquette M. (2016). *Appui à la réussite : la détection préventive des étudiants en situation de difficulté*. Oral presentation (2016, June 08). 29ème congrès de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire AIPU (Lausanne, Switzerland).

Siemens G. (2013). Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. *American Behavioral Scientist*. 57(10), 1380–1400.

Slade S. & Prinsloo P. (2013). Learning Analytics: Ethical Issues and Dilemmas. *American Behavioral Scientist*. 57(10), 1510–1529.

UNE EXPÉRIMENTATION CONCERNANT L'ÉTUDE DES CHANGEMENTS DE RÉFÉRENTIELS LA COGNITION INCARNÉE AU SERVICE DE L'APPRENTISSAGE DE LA CINÉMATIQUE

Nicolas Decamp¹, Emmanuel Rollinde¹, Catherine Derniaux²

1 : Laboratoire de didactique André Revuz (LDAR)

Université Paris Diderot - Paris 7 : EA4434, Université d'Artois, Université Paris-Est Créteil
Val-de-Marne (UPEC), Université de Rouen, Université de Cergy Pontoise

2 : académie de Créteil

Résumé : Nous présentons dans cette communication, une expérimentation concernant l'étude des changements de référentiels dans le contexte de l'astronomie. Nous nous appuyons pour cela sur le cadre de la cognition incarnée et nous faisons participer l'ensemble des élèves de seconde d'un lycée du Val de Marne à deux séances d'enseignement-apprentissage successives fondées sur un même scénario, mais dont le degré d'incarnation diffère. Entre chaque séance, nous évaluons les réponses des élèves à un questionnaire à visée conceptuelle. Nos premiers résultats suggèrent que les séances ont bien un effet sur les élèves mais que, contrairement à notre hypothèse, le degré d'incarnation ne semble pas jouer sur les apprentissages conceptuels. L'effet des séances semble, par ailleurs, toujours présent trois mois après leur mise en œuvre.

Mots-clés : didactique de la physique, cognition incarnée, cinématique, changement de référentiels, planétaire.

AN EXPERIMENT CONCERNING THE STUDY OF THE CHANGE OF REFERENCE FRAME EMBODIED COGNITION FOR THE LEARNING OF KINEMATICS

Abstract : In this paper we present an experiment on the study of changes in reference frames in an astronomical context. We rely on the theoretical framework of embodied cognition and we involve all the students of a Val de Marne high school in two successive teaching-learning sessions based on the same scenario but with a different degree of embodiment. Between each session we evaluated the students' responses to a conceptual questionnaire. Our first results suggest that the sessions do have an effect on students, but that the degree of embodiment does not seem to affect conceptual learning. The effect of the sessions also seems to be still present three months after their implementation.

Keywords : Physics education research, embodied cognition, kinematics, change of reference frame, orrery

CONTEXTE ET CADRE THEORIQUE

CHANGEMENTS DE RÉFÉRENTIELS

La bonne maîtrise du raisonnement spatial est fondamentale pour la réussite dans les disciplines scientifiques (Janelle, Hegarty, & Newcombe, 2014). La compréhension des changements de référentiels en constitue une part importante, part qui a été étudiée dès les premiers travaux de recherche en didactique de la physique. Parmi ceux-ci, à l'occasion de l'étude des référentiels galiléens, Saltiel et Malgrange (1980) ont très tôt montré, alors même que cette distinction n'a pas de sens en cinématique, que les étudiants distinguaient deux sortes de mouvements : « les mouvements 'vrais' ou 'réels' qui sont intrinsèques [...] et les mouvements 'apparents' qui sont perçus comme des fictions ou des illusions d'optique ». Ces mêmes auteurs montrent au passage, que les étudiants interrogés ont plus de mal à répondre aux questions concernant les variations de distances lors de changements de référentiel qu'à celles concernant les vitesses. Ils interprètent ces résultats en supposant que les étudiants « figent » le point de vue de l'observateur et éliminent ainsi implicitement le temps : « Tout se passe comme si l'espace dans lequel est représenté un mouvement était unique (c'est-à-dire indépendant des observateurs), géométrique et intemporel, en ce sens que le temps n'apparaît que comme durée finie du passage d'un lieu à un autre ».

ASTRONOMIE

Parmi les différents contextes possibles, l'astronomie se présente comme un domaine particulièrement intéressant pour l'étude des notions de cinématique (Albanese *et al.*, 1997) et le raisonnement spatial (Cole *et al.*, 2018). Son apprentissage nécessite la manipulation d'échelles très diverses, décentrement et mouvements y sont partout présents et les référentiels qu'on y définit sont souvent assez « abstraits ». On pense ici, par exemple, au référentiel géocentrique ou au référentiel héliocentrique qui ne font pas directement référence à un objet matériel qu'il s'agirait de prolonger, mais seulement au centre d'un astre (la Terre ou le Soleil) et à des directions pointant vers des étoiles lointaines. Pour finir, notons que le langage qu'on emploie couramment en astronomie peut lui-même porter à confusion : le terme « mouvement apparent » qui en est issu, laisse par exemple implicitement penser qu'il existerait des mouvements non apparents, alors qu'une vitesse n'a de sens que relativement à un référentiel donné.

COGNITION INCARNÉE & CHANGEMENT CONCEPTUEL

Nous nous proposons, dans cette communication, de nous attaquer à ces difficultés bien connues à la lumière de récents développements en cognition incarnée. Selon ce cadre issu de la psychologie cognitive, expériences sensori-motrices et conceptualisation, s'avèrent intimement liées. Le changement conceptuel (Amin & Levrini, 2017) pourrait alors être favorisé par des interactions contrôlées entre le corps d'un élève en situation d'apprentissage et son environnement (Christina, 2018). Afin d'explorer ces pistes de levier d'apprentissage, nous avons mis au point une séance fondée sur cette hypothèse : une séance au cours de laquelle l'attention est avant tout fondée sur la perception. Nous l'avons alors testée sous deux modalités correspondant à deux degrés d'incarnation différents.

Les questions de recherche qui en résultent sont les suivantes :

- QR1 : une séance de ce type permet-elle un apprentissage ?
- QR2 : le degré d’incarnation qui la caractérise a-t-il une influence ?
- QR3 : les effets de cette séance sont-ils durables ?

METHODOLOGIE

EXPÉRIMENTATION

Pour l’ensemble de cette expérimentation, nous avons mis à profit la semaine banalisée correspondant au « bac blanc », organisé en février par un lycée du Val de Marne, lycée ne relevant ni de dispositifs particuliers ni de l’éducation prioritaire. L’ensemble des élèves de seconde (N=228) étant libéré cette semaine-là, nous avons pu les répartir en deux groupes (EF et FE) constitués aléatoirement. Chacun de ces deux groupes était lui-même aléatoirement divisé en 8 sous-groupes d’une quinzaine d’élèves pour des raisons pratiques. Au cours de la semaine banalisée, nous avons soumis l’ensemble des élèves à un premier questionnaire (Q1) visant à vérifier l’homogénéité de 2 groupes et à connaître leur niveau au départ de l’expérimentation. Chacun des élèves du groupe EF a ensuite suivi, en premier lieu, une séance à « degré d’incarnation élevé » (DIE) et l’autre moitié des élèves (groupe FE), a commencé par une séance suivant le même scénario mais réalisée avec un « degré d’incarnation faible » (DIF). Tous les élèves ont ensuite à nouveau été soumis à un questionnaire (Q2). Puis les groupes ont été inversés et chaque élève a suivi la séance complémentaire de celle qu’il avait suivie lors de la première session. Pour des raisons en partie logistiques, cette deuxième séance a été conduite par les enseignants du lycée. Ceux-ci avaient assisté à la première séance, réalisée elle par les chercheurs l’ayant conçue. À la suite de cette deuxième séance nous avons soumis l’ensemble des élèves à un questionnaire (Q3). Enfin, trois mois après la fin de ces deux séances qui avaient lieu la même semaine, l’ensemble des élèves a de nouveau été soumis à un questionnaire (Q4).

Mois	Étape	Durée	Groupe EF	Groupe FE
Février	1er questionnaire	15 min	Q1	Q1
Février	1re séance	90 min	DIE	DIF
Février	2e questionnaire	15 min	Q2	Q2
Février	2e séance	90 min	DIF	DIE
Février	3e questionnaire	15 min	Q3	Q3
Mai	4e questionnaire	15 min	Q4	Q4

Tableau 1 : Tableau récapitulant les différentes étapes de notre expérimentation (les étapes réalisées en février ont toutes eu lieu la même semaine).

LES SÉANCES

Les séances proposées comprenait trois phases, suivant en cela l’approche phénoménologique de Depraz *et al.* (2000), focalisant sur l’importance de l’attention portée à la perception (Glenberg *et al.*, 2013) : une phase initiale de « suspension des pensées et des jugements habituels », une phase centrale au cours de laquelle l’attention des élèves est progressivement portée de « l’extérieur » vers « l’intérieur » et une phase finale de relâchement de l’attention portée à l’expérience.

Au cours de la première phase, les élèves découvraient, soit un planétaire « humain » - une bâche sur laquelle ils allaient eux-mêmes être amenés à se déplacer (DIE) - soit un modèle réduit au format A4 de ce planétaire à parcourir d'un doigt (DIF). Ce planétaire est reproduit à l'échelle en figure 1. Rollinde et Décamp (2019) détaillent certaines des possibilités d'utilisation de planétaires humains dans un contexte scolaire.

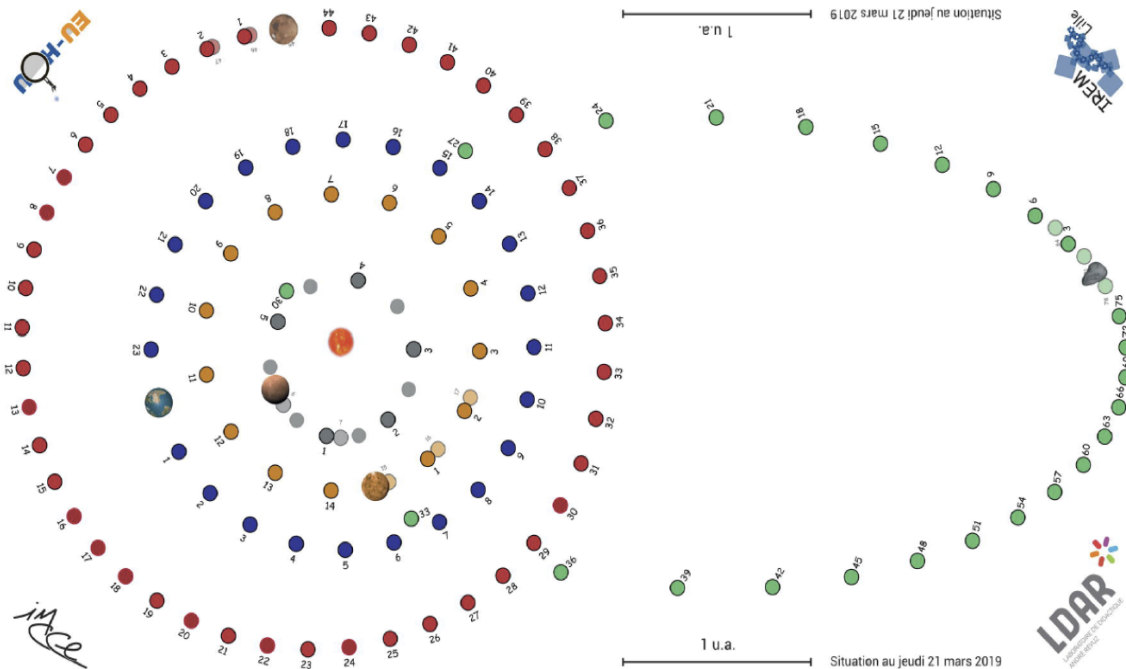


Figure 1 : Planétaire représentant les 4 planètes les plus proches du Soleil, ainsi que la comète Tchouri au 21 mars 2019.

Dans la deuxième phase, les différents référentiels (terrestre, géocentrique, héliocentrique) étaient introduits. Dans le cas du planétaire humain (DIE), chaque élève était amené tour à tour à « incarner » l'un des référentiels (en concentrant en particulier son attention sur ses bras, tendus à l'horizontale et représentant les directions de deux axes associés au référentiel choisi). Dans le cas du planétaire au format A4 (DIF), le référentiel géocentrique était « incarné » par la feuille de papier imprimée et les deux autres référentiels (terrestre et géocentrique) l'étaient par des feuilles de papier calque représentant chacun l'un de ces référentiels.

Différentes situations étaient alors « jouées » : les élèves simulaient ainsi le mouvement de la Terre, de Mars et du Soleil au cours de 24h en se plaçant successivement dans le référentiel terrestre, puis dans le référentiel géocentrique. Ils faisaient ensuite de même sur une plus longue période (un peu plus de 6 mois), en se plaçant dans le référentiel héliocentrique et géocentrique, ce qui leur permettait d'observer le mouvement de rétrogradation de Mars.

Il était demandé au cours de la séance, dans un cas comme dans l'autre, de comparer les mouvements et de représenter les trajectoires des différents astres dans les différents référentiels sur les périodes de temps communes.

QUESTIONNAIRE

Les questionnaires (Q1, Q2, Q3, Q4) auxquels les élèves ont été soumis étaient tous identiques et à visée conceptuelle. Ils étaient composés de 6 questions dont 3 testaient les élèves à propos de

la non-conservation de la distance (questions a,c,e) et 3 autres à propos de la non-conservation de la vitesse (questions b,d,f) lors d'un changement de référentiel. Les 3 contextes choisis pour ces questionnaires étaient les suivants :

- deux parachutistes en translation rectiligne uniforme l'un par rapport à l'autre servaient de référentiels pour l'étude du mouvement d'une paire de lunettes (questions a et b) ;
- le référentiel terrestre et le référentiel lunaire servaient à décrire le mouvement de Jupiter au cours d'une journée (questions c et d) ;
- le référentiel terrestre et le référentiel lié à un manège tournant sur lui-même, servaient à décrire le mouvement d'un enfant se déplaçant sur ce manège (question e et f).

RESULTATS ET DISCUSSION

RÉSULTATS

Les résultats de l'ensemble des groupes sont présentés en figure 2.

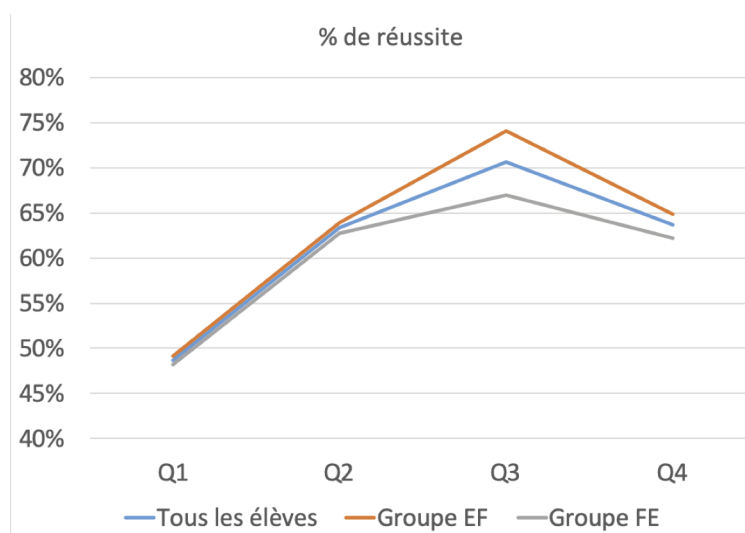


Figure 2 : pourcentage de réussite des élèves pour l'ensemble des questions lors des 4 questionnaires.

On constate, tout d'abord, que le taux de réussite initial est tout à fait similaire pour les deux groupes et est, en moyenne, de l'ordre de 50 %. Un test de Fisher exact permet de confirmer que ces deux groupes peuvent initialement être considérés comme homogènes.

À l'issue de la 1^{ère} séance, il y a progression du taux de bonnes réponses. Celui-ci est, en moyenne, un peu supérieur à 60 % lors de Q2. Et ce taux atteint 70 % à l'issue de la 2^e séance (lors de Q3). Si l'on considère l'ensemble des deux séances comme un tout (en comparant les résultats à Q1 et à Q3), on constate que cet ensemble de deux séances a eu un effet positif, quelle que soit la question (test binomial sur les populations d'élèves ayant changé d'avis). En réponse à QR1, il semble donc avéré que ces séances aient bien eu un effet sur les élèves.

En regardant plus en détail les évolutions liées à la seule première séance, celle-ci a eu un effet positif sur les réponses aux questions c, d, e, f (celles liées à un contexte astronomique ou au

contexte du manège), mais pas d'effet significatif sur les réponses aux questions a et b. Il se peut que ce dernier résultat soit dû au type de changement de référentiel : translation dans le contexte des questions a et b, alors qu'il s'agit d'une rotation dans les autres et que ce sont également des rotations qui ont été travaillées lors de la séance. Il se peut aussi que le référentiel terrestre soit particulièrement pregnant dans ce premier contexte et l'emporte sur la possibilité de se placer dans les référentiels liés aux parachutistes. Par ailleurs, en réponse à QR2, et toujours en se fondant sur cette seule première séance, on ne note pas de différence significative liée au degré d'incarnation de la séance (comparaison des groupes EF et FE entre Q1 et Q2).

En analysant l'effet de la seule séance 2 (c'est-à-dire en comparant les résultats à Q2 et à Q3), on constate que celle-ci n'a pas d'effet significatif sur les questions liées aux distances, mais continue à en avoir un sur les questions liées à la vitesse. Il semble en fait que l'évolution de la pensée des élèves sur la non-conservation de la distance se fasse petit à petit (au cours des deux séances), alors qu'elle se fait plus rapidement en ce qui concerne la non-conservation de la vitesse.

Les évolutions des taux de bonnes réponses entre Q1 et Q3 (sur l'ensemble des deux séances) ne permettent par ailleurs pas de déceler de différences significatives liées à l'ordre des séances (EF ou FE).

Enfin, et en réponse à QR3, même s'il y a une baisse des taux de bonnes réponses lors du dernier test (Q4 a eu lieu entre le 21 et le 24 mai, alors que les premiers tests avaient eu lieu pour le 1^{er} groupe les 11 et 13 février, et pour le 2^e groupe, les 12 et 14 février), les évolutions entre le 1^{er} test et ce 4^e test restent significatives (et positives) sauf pour une question (la question a).

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Si ces premiers résultats sont encourageants (puisque ces séances ont un effet positif), ils ne permettent qu'une vue globale de l'évolution des réponses des élèves et à un questionnaire qui plus est, très succinct. L'analyse plus fine du déroulement de la séance reste à effectuer.

Le degré d'incarnation ne semble pas, quant à lui, avoir d'effet significatif sur les réponses des élèves lors des tests. Si on ne peut conclure à un effet de ce degré d'incarnation sur le plan conceptuel, des prolongements pourraient en revanche être envisagés sur l'implication et l'intérêt des élèves, leur enrôlement dans les tâches proposées, voire sur leur sentiment d'efficacité personnelle.

Enfin, la question de la transférabilité de ce type de séance à d'autres domaines de la physique se pose ainsi que la question de sa dissémination à plus grande échelle. Dans notre expérimentation, les enseignants du lycée prenaient le relai des chercheurs et expérimentaient ces séances avec des élèves ayant déjà été soumis à une première séance. Une comparaison directe de l'efficacité, dans un cas et dans l'autre, n'est pas possible dans la mesure où deux paramètres varient simultanément. Nous envisageons de reproduire cette expérimentation en améliorant les séances et en déléguant cette fois l'intégralité de la gestion des séances aux enseignants du lycée, pour une partie des élèves, afin de pouvoir également conclure sur ce point.

BIBLIOGRAPHIE

- Albanese, A., Neves, M. C. D. & Vicentini, M. (1997). Models in science and in education: A critical review of research on students' ideas about the earth and its place in the universe. *Science & Education*, 6(6), 573-590. doi:10.1023/A:1008697908361
- Amin, T. G. & Levrini, O. (2017). *Converging Perspectives on Conceptual Change: Mapping an Emerging Paradigm in the Learning Sciences*. London: Routledge. doi:10.4324/9781315467139
- Sabena, C. (2018). Exploring the Contribution of Gestures to Mathematical Argumentation Processes from a Semiotic Perspective. In G. Kaiser et al. (Eds.), *Invited Lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education, ICME-13 Monographs* (pp. 541-560). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-319-72170-5_30
- Cole, M., Cohen, C., Wilhelm, J. & Lindell, R. (2018). Spatial thinking in astronomy education research. *Physical Review Physics Education Research*, 14, 010139. doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010139
- Depraz, N., Varela, F. J. & Vermersch, P. (2000). The gesture of awareness: An account of its structural dynamics. In *Advances in consciousness research, vol. 13*. Investigating phenomenal consciousness: New methodologies and maps (p. 121-136). doi:10.1075/aicr.13.10dep
- Glenberg, A. M., Witt, J. K. & Metcalfe, J. (2013). From the Revolution to Embodiment: 25 Years of Cognitive Psychology. *Perspectives on Psychological Science*, 8(5), 573-585. doi:10.1177/1745691613498098
- Janelle, D. G., Hegarty, M. & Newcombe, N. S. (2014). Spatial Thinking Across the College Curriculum: A Report on a Specialist Meeting. *Spatial Cognition & Computation*, 14(2), 124-141. doi:10.1080/13875868.2014.888558
- Rollinde, E. & Décamp, N. (2019). Enacting planets to learn physics. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1287(1), 012011. doi:10.1088/1742-6596/1287/1/012011
- Saltiel, E. & Malgrange, J. L. (1980). Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics. *European Journal of Physics*, 1(2), 73-80. doi.org:10.1088/0143-0807/1/2/002

VISITES FAMILIALES, VISITES SCOLAIRES AU MUSÉE D'HISTOIRE NATURELLE

QUESTIONNEMENTS DIDACTIQUES SUR L'EXPÉRIENCE DE VISITE

Cora Cohen-Azria^{1,2}

1 : Laboratoire Théodile-CIREL EA 4354

Université de Lille, Sciences Humaines et Sociales

2 : Département des sciences de l'éducation

Université de Lille, Sciences Humaines et Sociales

Résumé : Notre questionnaire s'ancre sur une problématique relative au concept de sujet didactique et prolonge les questionnements autour de la formation du sujet visiteur dans le cadre des visites au sein des musées d'histoire naturelle. Il s'agit d'interroger les spécificités et les points de convergences dans des situations contrastées de visites : les visites scolaires et familiales. Pour ce faire, nous avons suivi des classes et des familles en visite dans les mêmes espaces, afin de décrire et d'analyser les formations en jeu (scientifique, muséale), les sujets convoqués (sujet élève, enfant, visiteur) dans le but de mieux comprendre ce qui fait l'expérience de visite ou du visiteur.

Mots-clés : sujet didactique, musée scientifique, visite scolaire, visite familiale.

FAMILY AND SCHOOL VISIT TO THE MUSEUM OF NATURAL HISTORY

DIDACTIC QUESTIONS ABOUT THE EXPERIENCE

Abstract : Our study is based on an issue related to the concept of didactic subject and prolongs the questions around the training of the visitor subject within the framework of visits to museums of natural history. It involves questioning specificities and points of convergence in observed situations of visits: school and family visits. To do this, we followed classes and families visiting the same spaces to describe and analyze the training at stake (scientific, museum) the summoned subjects (student subject, child, visitor) with the purpose of better understanding what makes the visitor or visitor.

Keywords : didactic subject, science museum, school visit, family visit.

PRÉSENTATION DE LA RECHERCHE

CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Cette communication s'inscrit dans le cadre d'une recherche menée entre 2014 et 2018 sous le titre : Visites scolaires, familiales dans les lieux muséaux de la région Hauts de France : approches didactiques. S'adossant au programme chercheurs-citoyens, elle nous a permis de travailler de manière tout à fait spécifique avec différents partenaires : des enseignants de l'école maternelle rattachés à l'AGEEM (Association générale des enseignants des écoles et des classes maternelles publiques) et des institutions muséales de la région Lilloise : Le Lam (Lille métropole Musée d'art moderne, d'art contemporain, d'art brut), le musée d'histoire naturelle de Lille et le Forum départemental des sciences de Villeneuve d'Ascq. Le projet général de cette recherche visait à décrire et à caractériser la visite muséale d'enfants et d'élèves âgés de 3 à 11 ans dans le cadre de visites scolaires et familiales. Différents objectifs balisaient notre démarche de recherche, dont en voici les axes principaux.

Tout d'abord, nous cherchions à croiser des regards didactiques contrastés (didactique des sciences, du français, de l'histoire) sur des institutions muséales différentes (référées entre autres et de manière large à l'art et aux sciences) et sur les situations didactiques associées. Il est à noter que les lieux de visites variaient également quant à la nature des institutions muséales. Ainsi, concernant les lieux scientifiques, un musée et un Centre de culture scientifique et technique faisaient l'objet de notre terrain, afin d'analyser aussi les spécificités de ces lieux dans la formation scientifique et muséale.

Ensuite, il s'agissait d'étudier des contextes de visites (scolaires et familiales), jusqu'alors, toujours analysés dans les travaux existants, de manière séparée. Notre approche voulait comprendre comment ces expériences contribuent à la formation du sujet visiteur qui permet à l'enfant et à l'élève de construire son approche singulière des lieux muséaux et sa pratique de visite.

Enfin, nous avons également travaillé à partir de deux éléments complémentaires : les discours et les faïces concernant ces situations. Ce sont les discours sur les visites (qu'en disent les parents, les élèves, les enseignants ?), les discours produits pendant les visites (par les guides, les médiateurs, les élèves, les enseignants et les parents accompagnateurs). L'analyse des faïces s'est appuyée sur l'étude des situations de visites : modalités de déplacement, d'interactions (types de questionnements ...), études des activités durant la visite (lecture d'objet, de texte, interprétations contrastées ...), etc. Ces analyses de situations particulières nous ont permis de spécifier ce que sont ces expériences de visite dans les contextes étudiés (c'est sur l'analyse des situations de visites que la communication se centre).

Dans le cadre général de la recherche, les données construites sont importantes :

- Plus de 500 questionnaires élèves (CM2, 6ème, 3ème) suite aux visites scolaires dans les trois institutions muséales partenaires pendant 2 ans ;
- 176 questionnaires renseignés par des enseignants ;
- 275 questionnaires par des parents d'élèves ;
- une dizaine d'heures de visites filmées dans les trois musées partenaires, dont six visites scolaires (école maternelle et élémentaire) et 9 visites familiales (3 pour chaque musée). Pour chaque visite, un enfant (de la famille) ou un élève (de

la classe) était équipée d'une caméra embarquée, placée sur la tête (permettant d'étudier la construction individuelle et le découpage d'une visite au sein d'une visite collective).

QUESTIONNEMENT, CADRE THÉORIQUE ET CORPUS SPÉCIFIQUE

Dans cette communication, nous nous focalisons sur quelques éléments choisis, en l'occurrence, les films tournés au musée d'histoire naturelle de Lille, afin d'étudier ce qui fait l'expérience de visites dans des contextes contrastés (visite scolaire, visite familiale).

Notre questionnement s'ancre sur une problématique relative au concept de sujet didactique (Reuter, 2013). Il prolonge les questionnements autour de la formation du sujet visiteur dans le cadre des visites scolaires au musée (Cohen, 2001 ; Cohen-Azria, 2011 ...) en y ajoutant une nouvelle dimension : celle des visites familiales. En effet, les recherches précédentes avaient montré un maintien de la forme scolaire durant certaines visites avec les classes au musée. Cette scolarisation s'expliquant, entre autres, par l'histoire de la relation école-musée, mais également par les contenus en jeu durant ces visites (contenus disciplinaires, scolaires, culturels, muséaux ...). Ces résultats permettaient d'analyser le sujet didactique en jeu (en lien avec les différents types de contenus) dans une forme de tension entre l'élève et le visiteur, envisageant également des émergences de l'enfant (Cohen-Azria, 2011 ; Daunay & Fluckiger, 2011). La formation du visiteur semblait alors assurée davantage par les familles que par l'école. Toutefois, aucune étude n'interrogeait ce qui se jouait dans les deux types de situations contrastées au regard de cette formation. Le terme situation fait ici référence à la situation didactique (au sens de Brousseau, 1998), c'est-à-dire, une situation dans laquelle un/des sujet(s) a (ont) pour projet d'enseigner, de transmettre, de partager une expérience qui, en retour, agit, forme et transforme l'expérience de l'autre ou des autres. Afin de travailler sur ces situations, nous avons choisi d'étudier les interactions verbales ainsi que les déplacements et les faires durant les deux types de visite, afin de comparer et mieux comprendre comment se construisent les discours sur les présentations et à terme, identifier ce qui fait dans ces situations, l'expérience de visite et/ou de visiteur. Nous observons alors les faires et les direx des élèves et des enfants, comme ceux des accompagnateurs (enseignants, guides, médiateurs). Ce questionnement s'appuie sur l'hypothèse que les discours caractérisent les situations sociales et didactiques de visites au musée (Jaubert, 2007 ; Jaubert et al., 2004).

Nous construisons ici notre analyse sur deux visites scolaires guidées (classe de moyenne section, classe de CM2) et sur trois visites familiales dans le même lieu muséographique : le musée d'histoire naturelle de Lille. Les situations ont été filmées et retranscrites donnant à voir les interactions verbales, les mouvements, les gestes et les déplacements. Notre analyse didactique cherche à appréhender les visites scolaires et familiales dans ce que chacune a de spécifique, mais aussi ce qu'elles ont de commun. Notre comparaison se construit sur le fait que ces deux types de visite (guidée dans le cadre scolaire et libre dans le cadre familial) sont les deux types de visites les plus fréquents, les pratiques les plus représentées dans les espaces muséaux. C'est donc à ces deux types de situations que les enfants et les élèves peuvent être le plus souvent confrontés. Dans les deux cas de figure, nous analysons les médiations centrées sur les sujets en visite (élèves ou enfants). Les objectifs étant de caractériser la ou les manière(s) dont le visiteur se construit à travers ces espaces et d'identifier les contenus visés et mobilisés selon les contextes de visites. La notion de contenus est ici entendue au sens large (Delcambre, 2013). Il ne s'agit pas seulement de contenus spécifiques référés à l'espace scolaire, savant et/ou culturel, mais aussi de contenus muséaux (tels qu'apprendre à lire une exposition, un objet

de collection, une trame narrative, se situer dans un lieu culturel muséal, etc.) ; ces types de contenus étant nécessairement liés dans l'écriture muséographique.

PRÉSENTATION DE QUELQUES RÉSULTATS

Afin de rendre compte, dans le format contraint, de certains de nos résultats de recherche, nous avons sélectionné des critères complémentaires permettant de caractériser les visites scolaires et familiales (avec comme point de vue, le sujet dans ce qu'il est, ce qu'il produit et ce qu'il reçoit) et de spécifier les expériences de visiteurs et/ou de visiteurs associées.

Ainsi, trois axes structurent cette partie : les faires des élèves et des enfants (au regard de ceux des adultes), les contenus en jeu dans les situations scolaires et familiales et la construction du discours sur les objets du musée et les présentations.

LES FAIRES DES SUJETS ENFANTS ET ÉLÈVES

Cette partie s'articule autour de trois types d'action : se déplacer, observer/regarder, parler/écouter.

Élèves, comme enfants, se déplacent dans l'espace muséal, mais de manières très différentes. Si les élèves sont soumis à des déplacements « sous contrôle » (du guide et/ou de l'enseignant), les groupes familiaux donnent à voir une liberté de déplacement. Ainsi, les premiers suivent un parcours le plus souvent pré-établi avant même l'arrivée du groupe au musée, alors que les seconds choisissent leurs parcours sur le moment. Ces derniers s'autorisent des allers-retours et peuvent revenir à plusieurs reprises sur les mêmes présentations et ce, par plaisir, pour tenter de comprendre autrement, etc. Les groupes scolaires réalisent des cheminements linéaires et construits dans un seul sens, en fonction des objets dans leurs contextes de présentation et des programmes affichés par le musée pour cette situation de visite. C'est indéniablement un groupe qui visite, qui prend les mêmes itinéraires et qui est soumis au même discours « officiel », celui du guide et celui du scénario pédagogique. Il est à noter que de nombreux discours parallèles s'y superposent (nous y reviendrons). L'analyse des contenus des discours donne à voir une construction des sujets didactiques dans une dimension parfois scolaire (adresse à l'élève interrogé sur ce qu'il a vu en classe sur tel élément) parfois muséale (analyse du lieu dans ses spécificités). Du côté de la visite familiale, il ne s'agit pas d'une visite de groupe dans la mesure où celui-ci se fait et se défait en permanence. Il s'agit plutôt de sujets qui visitent, de visiteurs dans une configuration de groupe dont les contours sont souples.

Ainsi, durant les visites scolaires, le parcours et le discours associé structurent la situation, amenant à penser le sujet comme y étant soumis. Dans le cadre des visites familiales, ce sont les sujets qui sont centraux, construisant, par leurs choix permanents, un parcours, ou plutôt des parcours singuliers (dans la mesure où le groupe n'est pas contraignant), se construisant le plus souvent dans l'instant.

Si nous étudions maintenant les activités d'observation des visiteurs, ce qui frappe d'abord, c'est à quel point le regard de l'élève est guidé. Le groupe (doit) regarde(r) dans le même sens, le même objet, la même présentation, la même portion d'exposition choisie par le guide. Il n'est pas rare, de voir des élèves observant d'autres objets être rappelés à l'ordre, tant par les maîtres que par les guides (bien plus rarement d'ailleurs par les parents accompagnateurs). Ainsi, déplacement et observation redécoupent l'exposition contribuant à la mise en place d'un scénario afin de (re)construire des contenus précis décidés en amont de la visite, dans une né-

gociation réelle ou envisagée entre espace scolaire et muséal (Cohen-Azria & Dias-Chiarrutini, 2014 ; 2016). Dans les visites familiales, le regard est peu cadré, moins accompagné et ce sont autant les parents que les enfants qui proposent des observations.

Lors des visites scolaires, les moments de transitions de déplacements permettent les mêmes types de situations que les visites familiales, mais sur des temps très courts et avec des contraintes fortes telles que le déplacement. Toutefois, les élèves regardent autour d'eux pouvant interpeller et impliquer d'autres élèves dans leurs observations, amenant alors à des discours sur les présentations, leurs descriptions, leurs interprétations, les contenus qu'ils y associent (en référence à d'autres espaces de savoirs). Les temps de transition représentent une portion peu importante des visites scolaires, mais ceux-ci sont systématiquement investis par les élèves. Ils y construisent des discours riches basés sur les objets muséaux dans une dimension sociale (échanges avec les pairs). Ces situations, en dehors du déplacement contraint, donnent à voir des parallèles avec les éléments structurants les visites familiales.

Les prises en charge de parole sont très contrastées selon les contextes de visite. Si, lors de visites scolaires guidées, c'est le guide qui parle presque en continu, qui gère la parole et les temps de silence, du côté des visites familiales, l'espace de parole est largement partagé. Dans le premier cas, certaines prises de parole d'élève sont construites comme « illicites » ; durant les visites familiales, aucune parole d'enfant n'est arrêtée ou contrainte. Les parents se mettent au service du désir de savoir de l'enfant et l'écoutent afin de chercher, à leurs tours, les éléments manquants à leurs discours. Les visites scolaires donnent à voir un discours du guide, mis au service des contenus choisis en amont dans un dialogue entre proposition muséale et programme scolaire.

L'EXPÉRIENCE DE VISITE

Afin de travailler sur cet axe, nous avons étudié les contenus des interactions en tentant d'analyser les éléments explicites et implicites relatifs à l'espace muséal. Finalement, qu'est-ce qui est dit de l'espace spécifique qu'est le musée d'histoire naturelle, de l'espace d'exposition, de la place du visiteur ?

Il est intéressant de voir que sur cette dimension encore, la structuration des visites se fait très différemment. En effet, durant les visites scolaires, l'explicitation porte d'abord sur la notion de musée, puis d'exposition, mais la notion de visiteur reste finalement implicite. Ce qui est précisément l'inverse dans les visites familiales dans la mesure où les discours sur le musée et l'exposition sont rares. Par contre, ceux sur le visiteur ponctuent les situations (comment regarder ? Où chercher les informations ? Quoi lire ? Comment se déplacer ?...).

Ces résultats nous ont amenés à considérer l'expérience construite selon deux axes différents. Si l'école propose une expérience de visite (en groupe, selon un scénario pré-défini, autour d'un lieu spécifique qu'est le musée), les visites familiales engendrent davantage une expérience de visiteur (à la fois dans le groupe et dans une démarche individuelle, selon des procédures interrogées et définies).

Ces catégorisations, en termes d'expériences de visite ou de visiteurs, prolongent nos premiers travaux sur la question de la formation muséale, amenant des résultats nouveaux.

LES DISCOURS SUR LES PRÉSENTATIONS

Nous terminerons ici par ce qui fait les spécificités des discours sur les présentations selon les contextes de visites.

Les discours durant les visites scolaires se construisent à partir de trois principes. Le premier est la structure même du discours. Le guide construit son propos à partir de différentes données qu'il découpe de la présentation muséale afin de (re)construire un discours scientifique. Ainsi, le contenu s'adosse à des indices portés par les présentations. Le deuxième est le travail réalisé sur le vocabulaire. Les élèves sont souvent invités à décrire ce qu'ils voient les amenant à travailler sur les mots pour dire. Ainsi, autant dans l'activité de description que dans celle qui amène à nommer, le vocabulaire devient central dans ce contexte. Le dernier principe place l'oral au centre des interactions, mettant de côté, ou passant sous silence, les textes d'accompagnement des expositions. Ces derniers ne sont jamais exploités durant les visites scolaires. Au contraire, les visites familiales mobilisent en permanence ces textes, donnant à voir aux enfants qu'ils font partie intégrante de l'exposition (la lecture est alors ici en permanence présente). Les familles peuvent ainsi, lire les textes, lire les cartels sans nécessairement aller au-delà de ce qui est y présenté. Ils peuvent alors déambuler dans l'espace d'exposition, en ponctuant leurs déplacements par le nom des spécimens, par exemple. Le discours se construit, mais n'est jamais ici préconstruit.

Les contextes de visites modèlent des situations différentes très contrastées dans un même lieu. Les contenus en jeu, ainsi que les contenus de formations se distinguent amenant à construire des sujets visiteurs différents. Il ne s'agit pas ici de hiérarchiser les types de visites dans ce qu'elles permettent ou empêchent. Ainsi, nos données nous amènent à montrer finalement pour la première fois la complémentarité des visites dans la formation du visiteur dans les espaces scientifiques. Jusqu'à présent, dans les recherches, les caractérisations permettaient de déclarer ce qu'est ou doit être une situation muséale et ce qu'est ou doit être une situation scolaire. Si cette recherche renouvelle le questionnement, elle montre encore autrement que les visites scolaires ne peuvent pas toujours à elles seules assurer la formation culturelle des élèves et que le visiteur se construit finalement à l'interface de situations variées au musée. Pour le dire autrement, nos résultats donnent à voir la complémentarité des expériences de visites dans le cadre de la formation du visiteur.

BIBLIOGRAPHIE

- Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. Grenoble, France : La pensée Sauvage.
- Cohen, C. (2001). *Quand l'enfant devient visiteur : une nouvelle approche du partenariat Ecole/Musée*, Paris, France : L'Harmattan.
- Cohen-Azria, C., (2011) Sorties avec l'école dans les musées de sciences : quels statuts pour le visiteur scolaire ? *Recherches en Didactiques*, **11**, 97-110.
- Cohen-Azria, C. & Dias-Chiaruttini, A. (2014). Analyser les contenus en jeu dans la visite scolaire au Musée : questions méthodologiques. In B. Daunay, C. Fluckiger & R. Hassan. (Éds) *Les Contenus d'enseignement et d'apprentissage. Approches didactiques* (pp. 109-119) Bordeaux, France : Presses Universitaires de Bordeaux.
- Cohen-Azria, C. & Dias-Chiaruttini, A. (2016). La visite scolaire : un espace singulier

- au croisement de deux institutions. In C. Cohen-Azria, M.-P. Chopin & D. Orange Ravachol (Éds) *Questionner l'espace. Les méthodes de recherche en didactiques 4*, (pp. 133-148). Villeneuve d'Ascq, France : Presses Universitaires du Septentrion.
- Daunay, B. & Fluckiger, C., (2011). *Recherches en Didactiques, n° 11, Enfant, élève, apprenant*, Villeneuve-d'Ascq, France : Presses Universitaires du Septentrion.
- Delcambre, I. (2013). Contenus d'enseignement et d'apprentissage. In Y. Reuter E (Éd), *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*, (pp. 43-48). Bruxelles, Belgique : De Boeck, (3ème édition).
- Jaubert, M. (2007). *Langage et construction de connaissances à l'école, un exemple en sciences*. Bordeaux, France : Presses Universitaires de Bordeaux.
- Jaubert, M. et al. (2004). Signification et développement : quelles communautés ? In C. Moro & R. Rickenmann (Éds), *Situation éducative et signification*, (pp. 85-104). Bruxelles, Belgique : De Boeck.
- Reuter, Y. (2013). Élève, apprenant, sujet didactique. Dans Y. Reuter (Éd), *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*, (pp.87-90). Bruxelles, De Boeck, (3ème édition).