

Proposition de symposium long pour le colloque du DIDACTIfen : « Modèles, modélisation et pratiques enseignantes » (axes thématiques 3 et 5)

Mots clés : Modèle, modélisation, pratiques enseignantes

Depuis 2015, un groupe d'enseignants-chercheurs en didactique des universités de Liège, Namur et Louvain, s'est penché, dans une approche comparatiste, sur le rôle que confère l'enseignement secondaire au concept de modèle et au processus de modélisation dans diverses disciplines : les mathématiques, la physique, la chimie, la biologie et l'histoire de l'art.

La réflexion de notre groupe prend naissance dans l'analyse de Bachelard, qui, dans *Le rationalisme appliqué* (1949, réédition Presses Universitaires de France, 2004), soulignait que la pensée scientifique se construit comme une rationalité appliquée dans un perpétuel aller-retour entre théorie et expérience, entre concret et abstrait. Dans ce contexte, la notion de modèle s'impose comme un passage obligé, une construction de l'esprit humain établissant le lien explicatif entre les résultats d'observation et d'expérimentation et la théorie qui confère à ceux-ci le statut de phénomène.

Cet intérêt pour les modèles et leur processus de construction – la modélisation – dans une perspective didactique n'est pas étranger aux nouvelles approches mises en avant depuis quelques décennies dans l'enseignement, en vue de l'acquisition de compétences et d'une attitude critique. Cette perspective a mis au premier plan la démarche d'investigation, rappelant, et on pourrait ici encore faire référence à Bachelard, qu'une connaissance scientifique est, avant tout, une réponse à une question, à un problème. Mais elle n'est évidemment pas que cela. Une connaissance se doit de posséder un niveau de généralité suffisant, qui transcende la question qui l'a fait naître, et doit établir des relations logiques qui lui confèrent un caractère de nécessité, d'apodicticité. Ceci requiert donc de mettre en lumière, dans les problèmes spécifiques étudiés, les structures logiques qui le sous-tendent en distinguant le nécessaire du contingent. C'est exactement ce que font les modèles qui simplifient en éliminant ce que le scientifique ou l'élève considère comme contingent, et qui établissent des généralisations nomologiques susceptibles de mener à des prédictions, donc des nécessités. Dans notre vision actuelle, les modèles sont donc des passages obligés des faits au savoir.

Notre réflexion comparatiste porte dès lors sur deux registres. Celui de la discipline concernée d'abord. Il n'est pas évident qu'un physicien, un biologiste ou un historien de l'art conçoive de la même manière ce que représente un modèle et quel rôle il joue dans le développement du savoir propre à sa discipline. Cette prise de conscience est essentielle pour aborder l'autre registre, central pour notre propos, celui de la transposition didactique. Mettre en œuvre une démarche d'investigation en classe n'est pas simple, quel que soit l'âge des élèves, et requiert une réflexion approfondie sur la problématisation des savoirs, au sens où l'entend Orange (*Enseigner les Sciences*, De Boeck, 2012), qui montre comment la construction de modèles au départ d'un problème et au travers d'activités ciblées telles des débats, permet de construire un savoir critique commun au sein du groupe-classe, en relation avec le savoir établi. Le rôle du langage est crucial dans ce processus. Nous sommes ici au cœur du thème du colloque du DIDACTIfen, qui rappelle, dans son texte introductif que "[les disciplines scolaires] constituent donc un des vecteurs de l'éducation comprise comme « une sorte d'aide apportée à des jeunes êtres humains pour qu'ils apprennent à utiliser les outils d'élaboration de la signification et de la construction de la réalité » (J. BRUNER, 1996, p. 36)."

Nous avons dès lors confronté les pratiques enseignantes, expertes ou non, rencontrées dans nos propres pratiques de formation et avons cherché à identifier, entre autres, les obstacles

d'apprentissage qui peuvent occulter, aux yeux des élèves, le sens même des modèles et leur rôle dans la construction scientifique. Notre premier examen montre le caractère essentiellement polymorphe de ce qu'on appelle « modèle » en science et de son rôle dans l'élaboration théorique. Par exemple, certains modèles représentent des réalités déjà naturalisées pour le commun des mortels par une observation à l'œil nu alors que d'autres relèvent de micro-mondes que seules des techniques sophistiquées permettent de faire voir. Ou encore, certains modèles, typiquement les modèles mathématiques mais pas seulement eux, peuvent donner prise à un traitement indépendant de l'observation et jouer un rôle de révélateur théorique. En termes d'obstacles, on remarque, en biologie, que certains concepts (cellule, ADN...) sont principalement enseignés à l'aide de représentations modélisées que l'on pourrait qualifier d'archétypales sans que les futurs enseignants n'attirent l'attention des élèves sur le fait qu'il s'agit de constructions *secondes* à partir d'observations du réel ou de caractéristiques de celui-ci. La distance au réel, tant pour l'apprentissage que pour la construction des savoirs scientifiques, sont rarement évoqués en classe de sciences. En chimie, l'analyse de schémas de modèles atomiques dans les manuels scolaires révèle une autonomisation didactique du langage visuel, qui se substitue partiellement au discours, au risque d'induire, entre autres, une réification des modèles et des confusions lors de l'insertion de dimensions extra-spatiales (l'énergie par exemple). En histoire de l'art, les enseignants qualifient fréquemment les images artefactuelles de « réalistes » ou de « non réalistes », sans correction linguistique. Les pratiques enseignantes semblent faire obstacle au fonctionnement des œuvres comme modèles. Or, les œuvres-images sont toujours des abstractions (des re-présentations) « extraites » de la réalité telle que les artistes l'organisent.

Le but du symposium sera de communiquer les derniers résultats de ces recherches, de les mettre en perspective et de bénéficier de l'éclairage de collègues participants issus de disciplines non couvertes par nos travaux. Nous proposons de l'organiser de la manière suivante :

- Un exposé introductif de 30 minutes (C. Orange, ULB et D. Orange-Ravachol, Lille), couvrant les aspects épistémologiques et didactiques des modèles dans le processus de problématisation
- 4 exposés de 20 minutes (+5-10 minutes de questions-réponses de clarification) portant sur les disciplines suivantes :
 - Modélisation mathématique de phénomènes divers (physiques, économiques, démographiques ...) (J. Mawhin, UCLouvain)
 - Modélisation en classe d'histoire de l'art (P. Heins, ULiège)
 - Modélisation en classe de chimie (B. Leyh, ULiège)
 - Modélisation en classe de biologie (M.N. Hindryckx, ULiège)
- Débat général (30 minutes)

Questionner les fonctions épistémologiques et didactiques de la modélisation

Christian Orange, Université Libre de Bruxelles, CREN, Université de Nantes
Denise Orange Ravachol, CIREL-Théodile, Université de Lille.

Aujourd'hui les notions de modèles et de modélisation sont très présentes dans les discours scientifiques. En même temps, elles semblent renvoyer à des pratiques fort diverses. Qu'y a-t-il en effet de commun entre telle souche de Hamster doré servant de « modèle animal » pour des recherches sur le carcinome, le modèle d'atome de Bohr et un modèle à compartiments d'un écosystème ? Du côté de l'enseignement des sciences, les situations de modélisation sont aujourd'hui sous-représentées, y compris dans la démarche d'investigation telle qu'elle est déclinée dans les préconisations officielles (en France notamment) et dans des sites comme celui de « La Fondation La Main à la Pâte » ; aux mieux les modèles y sont considérés comme des moyens de remplacer l'expérimentation directe quand elle n'est pas possible. De façon à étudier ce qui se joue dans les relations entre enseignement scientifique et pratiques de modélisation, nous nous proposons d'aborder quatre points pouvant alimenter les échanges dans le symposium.

Le premier point propose un petit détour historique et épistémologique. Les premières utilisations explicites du terme de modèle apparaissent, dans la physique du 19^{ème} siècle, à la faveur d'une forte controverse sur le sens même de la physique. Aux positivistes (Ostwald, Hertz, ...) qui interdisent ce qu'ils qualifient d'hypothèses invérifiables et même les explications, des chercheurs comme Boltzmann opposent le droit de recourir à des « images mécaniques » pour expliquer les phénomènes par des descriptions microscopiques dont ils ne revendiquent pas la « réalité ». Ils parlent alors de modèles. Les concepts de modèle et de modélisation sont donc le fruit d'une bataille épistémologique antipositiviste autour de l'importance de l'imagination en sciences. Des controverses semblables existeront en biologie au 20^{ème} siècle, notamment en génétique.

Le deuxième point questionne la faible place des modèles de la modélisation dans l'enseignement scientifique actuel. Donner plus de place à la modélisation dans l'enseignement des sciences demande de se situer contre l'empirisme, la forme naïve du positivisme, qui structure très souvent cet enseignement et pour qui la connaissance scientifique ne viendrait que des expériences et des observations ; ici comme dans l'histoire des sciences, la modélisation ne pourrait alors se développer que « contre » une pensée dominante.

Une des conséquences de la prégnance de l'empirisme dans l'enseignement est la place donnée aux « représentations ou conceptions » des élèves. Leur prise en compte, quand elle existe, est généralement limitée à engager les élèves dans le domaine travaillé et éventuellement à confronter ces idées à des résultats d'expériences ou d'observations considérées comme la partie essentielle de la démarche. Par contraste, Johsua et Dupin proposaient, dès 1989, de « *prendre les conceptions des élèves comme une base explicite de modélisation* » et d'instaurer un débat scientifique dans la classe ; ce qui conduit à un rééquilibrage entre modélisation et expérimentation dans l'enseignement des sciences.

Cela nous conduit au **troisième point** de discussion. Nous suivons totalement Johsua et Dupin sur l'importance des débats scientifiques dans la classe lors de travaux de modélisation ; cependant, il nous semble nécessaire d'aller plus loin quant au but assigné à ce travail. Il ne s'agit pas seulement de faire évoluer les modèles des élèves, ou de leur faire changer de modèle, mais de construire le problème explicatif en explorant le champ des possibles. Cette exploration n'a pas pour but de

trouver le « bon modèle » mais d'identifier les conditions auxquelles doit se plier tout modèle acceptable.

Enfin, le quatrième point, concerne les types de modèles à faire construire aux élèves. Bien sûr cela dépend de la discipline et du domaine d'étude. Cependant la distinction que propose Michel Serres (1968) entre modèles symboliques et modèles formels donne des éclairages intéressants pour des choix didactiques. Les premiers sont des modèles construits par la mise en relations d'objets ayant caractéristiques quasi-ordinaires : modèles mécanique de Boltzmann, modèles biologiques de régulations décrivant des relations entre organes. Est symbolique, dit Serres, ce qui correspond à un archétype, c'est-à-dire à un modèle éminent. Par opposition, les modèles formels s'appuient sur une combinaison de fonctions, de lois et d'invariants. Tout ce qui est symbolique et surchargé de signification y est évacué : on schématise une structure.

D'un point de vue didactique, les modèles symboliques ont l'avantage de faire sens, de par leur apparente proximité avec des mondes triviaux mais font venir avec eux les pensées communes du monde dans lequel ils sont construits. Les modèles formels ont des capacités plus générales et sont souvent plus puissants mais font moins facilement sens pour les élèves.

Cette distinction permet également de mettre en avant un élément essentiel de toute pratique de modélisation et, plus largement, de toute problématisation scientifique : les modèles construits tentent de répondre à un problème et d'expliquer tel phénomène (registre empirique) ; pour cela, ils sont construits sur un monde (monde de particules, de compartiments, d'organes, ...) qui les rend intelligibles et manipulables intellectuellement. Faire travailler les élèves à des problèmes de modélisation, c'est aussi leur permettre d'accéder à la maîtrise de ces mondes (que nous avons nommés registres explicatifs) constitués de règles de fonctionnement plus ou moins explicites et de formes de raisonnement parfois en rupture avec la pensée commune.

Delattre, P. & Thellier, M., dir. (1979). *Elaboration et justification des modèles*. Paris: Maloine.

Evrard, T. & Amory, B., dir. (2015). *Les modèles, des incontournables pour enseigner les sciences !* Bruxelles : de Boeck

Johnsua, S. & Dupin, J.-J. (1989). *Représentations et modélisations : le "débat scientifique" dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.

Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie : quels apprentissages pour le lycée?* Paris : P.U.F.

Serres, M. (1968). *Hermès 1 : la communication*. Paris : Editions de Minuit.

Orange Ravachol, D. (2016). Problèmes, modélisations et modèles dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la nature à dimension historique : le cas des sciences de la vie et de la Terre (SVT). *Tréma*, 45 | 2016, 71-82. (disponible sur : <http://trema.revues.org/3508> <http://trema.revues.org/3508>)

Les modèles mathématiques sont-ils des modèles à suivre ?

Jean Mawhin
Université Catholique de Louvain

Les modèles mathématiques sont invoqués dans des domaines aussi différents que l'économie, les techniques, la climatologie, la démographie, la cosmologie, la médecine, la circulation routière, et la physique des particules. La notion est difficile à définir et la terminologie source de confusion. Il convient de clarifier le concept, en se servant de l'histoire et d'exemples.

Si la terminologie est récente, la notion est ancienne. Distinguer modèle et théorie dans une description mathématique d'un phénomène physique est délicat et lié au problème de la représentation mathématique de la réalité.¹

¹ J. Mawhin (2017) *Les modèles mathématiques sont-ils des modèles à suivre ?* Académie royale de Belgique, Collection « L'Académie en poche » (Bruxelles)

Des pratiques enseignantes qui font obstacle au caractère modélisant des images artistiques dans la construction des savoirs en classe d'histoire de l'art

Pascal Heins

DIDACTIfen, Université de Liège

L'histoire de l'art, dans sa pratique ordinaire, se consacre essentiellement à l'étude d'images artefactuelles, des « œuvres » fonctionnant donc sous le régime visuel. La notion de « modèle », dans l'acception épistémologique du terme, y est peu convoquée ou discutée, tout comme celle de « théorie », leur emploi semblant interchangeable. Pour les professeurs d'histoire de l'art que nous avons sondés, le modèle renverrait à la production de l'œuvre et correspondait au référent de l'artiste ou au prototype reproduit, que celui-ci s'extrait de la réalité empirique ou soit proposé par l'histoire : c'est donc le sens originel du *modello* italien qui est convoqué ici, celui-ci désignant une « figure destinée à être reproduite », alors que dans les sciences « où le progrès est évident » pour paraphraser Thomas Kuhn, le modèle désigne « un système représentant les structures (jugées) essentielles d'une réalité ». L'activité de modélisation quant à elle serait étrangère aux pratiques artistiques ainsi qu'à l'histoire de l'art, mais elle concernerait des sciences qualifiées de « dures ». Dans le *Tractatus*, Wittgenstein élucide l'image en la décrivant comme un « modèle de la réalité » ; comme telle, l'image artistique construit, en modélisant une expérience du « réel » conduite par une agence ou une efficace symbolique, quelque chose de vraisemblable dont un modèle pourrait exister ; comme telle, elle est comme dans toute science un moyen de connaissance ou, comme dirait Nelson Goodman, une « manière de faire monde ». Soulignons que dans l'art occidental et jusqu'à la modernité, les artistes producteurs d'images étaient, quels que furent les contextes, assujettis au cadre de l'« imitation » et de la re-présentation, c'est-à-dire contraints par un certain rapport de transposition aux apparences du monde visible.

En situation d'enseignement dans des classes du secondaire, nous constatons que des pratiques discursives font obstacle au fonctionnement des œuvres comme modèles ainsi qu'à la mise en évidence de l'activité artistique de projection et de modélisation. Si le terme modèle désigne ici aussi, en matière d'art dit figuratif, le référent de l'artiste ou le prototype reproduit, les images de l'art peuvent être qualifiées de réalistes ou de non réalistes, ces deux qualifications elles-mêmes associées aux idées d'évolution et de progrès en matière de figuration. L'emploi des termes « modèle » et « réalité », spontané, non articulé et linguistiquement non précisé, outre qu'il contrarie les attendus de la démarche d'analyse et d'investigation, tend à dissoudre dans l'expérience visuelle tout ce que le dispositif représentationnel recèle comme écart, distance, abstraction, caractère proprement modélisant.

Pour éclairer et discuter notre constat didactique, nous reprendrons la distinction entre image artefactuelle et image naturalisée. En cheminant entre didactique et épistémologie disciplinaire, nous convoquerons entre autres la théorie de la mimesis, la pensée visuelle, la théorie de l'iconicité et l'effet brut d'image. Nous emprunterons à la théorie des symboles et, plus largement, à la philosophie analytique de l'esthétique. Nous convoquerons une anthropologie de la mise en image, une approche disciplinaire susceptible selon nous de re-problématiser l'enseignement des savoirs sur l'art tout comme de l'art comme objet de connaissance, en laissant provisoirement de côté les

questions de nature historique. Enfin, nous pointerons des convergences et des divergences entre visée artistique et projet scientifique.

L'activité de modélisation dans les arts visuels permet de rendre concrètement compte d'un aspect selon nous fondamental de la contribution cognitive de l'art. Développer des dispositifs et des outils propres à restituer à cette activité la place qui est la sienne, c'est aussi, pour emprunter à Astolfi, rendre leur saveur à des savoirs qui, dans le cadre d'une initiation scolaire à l'histoire de l'art, s'inscrivent habituellement dans une approche historique non problématisée et périphérique qui éloigne des œuvres elles-mêmes.

ARISTOTE. (1980). *La Poétique* (R. DUPONT-ROC & J. LALLOT, Trad.). Paris : Seuil.

ARNHEIM, R. (1976). *La pensée visuelle* (Cl. NOËL & M. LE CANNU, Trad.). Paris : Flammarion. (Œuvre originale publiée en 1969).

ASTOLFI, J.-P. (2008). *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*. Issy-les-Moulineaux : ESF éditeur.

BACHELARD, G. (1967). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* (5^e éd.). Paris : Librairie philosophique J. Vrin. (Édition originale 1938).

BELTING, H. (2004). *Pour une anthropologie des images* (J. TORRENT, Trad.). Paris : Gallimard. (Œuvre originale publiée en 2001).

BODRON, J.-Fr. (2014). *Image et vérité. Essais sur les dimensions iconiques de la connaissance*. Liège : Presses Universitaires de Liège.

CHATEAU, D. (2007). *Sémiotique et esthétique de l'image. Théorie de l'iconicité*. Paris : L'Harmattan.

DIDI-HUBERMAN, G. (1990). *Devant l'image. Question posée aux fins d'une histoire de l'art*. Paris : Les Éditions de Minuit.

FABRE, M. (2009). *Philosophie et pédagogie du problème*. Paris : Librairie Philosophique J. VRIN.

FABRE, M. (2011). *Éduquer pour un monde problématique. La carte et la boussole*. Paris : Presses Universitaires de France.

GOODMAN, N. (1992). *Manières de faire des mondes* (M.-D. POPELARD, Trad.). Paris : Gallimard. (Œuvre originale publiée en 1978).

GOODMAN, N. (1996). *L'art en théorie et en action* (J.-P. COMETTI & R. POUIVET, Trad.). Paris : Gallimard. (Œuvre originale publiée en 1984).

GOODMAN, N. (2011). *Langages de l'art. Une approche de la théorie des symboles* (J. MORIZOT, Trad.). Paris : Librairie Arthème Fayard/Pluriel. (Œuvre originale publiée en 1968).

SOLER, L. (2000). *Introduction à l'épistémologie*. Paris : Ellipses.

L'image dans les cours de chimie de l'enseignement secondaire : une aide ou un obstacle à la modélisation ?

Hamad Karous, Brigitte Nihant, Bernard Leyh

DIDACTIfen, Université de Liège

Comme le rappelle le texte de présentation générale de ce symposium, la négociation de modèles scientifiques par un groupe d'élèves au départ d'un problème permet de fonder un savoir critique commun adapté au niveau scolaire, en relation avec le savoir établi.¹ Le langage joue un rôle central dans ce processus. Et qui dit langage dit texte mais aussi paratexte² et donc, en particulier, image. Or un modèle peut être considéré comme une représentation sciemment simplifiée d'une réalité donnée, qui se focalise sur les aspects jugés pertinents et généraux pour un type de situation scientifique, dans un but à la fois explicatif et, idéalement, prédictif. L'image qui visualise un modèle n'est donc pas une photographie de la réalité mais plutôt une épure, un schéma.

Dans les disciplines scientifiques, le schéma a pris une importance croissante au cours des dernières décennies.³ Le langage iconique soutient le langage textuel ou s'y substitue en s'arrogeant même une certaine autonomie. En témoignent les résumés graphiques (*graphical abstracts*) de plus en plus souvent requis par les revues scientifiques. Le schéma est censé faciliter la construction, pour le scientifique chevronné comme pour l'élève, d'images mentales de concepts abstraits⁴ et est dès lors devenu partie intégrante du message scientifique.

Néanmoins, l'efficacité didactique des schémas scientifiques reste peu questionnée au niveau de l'enseignement de la chimie. Les représentations schématiques proposées dans un cadre scolaire peuvent pourtant devenir des obstacles cognitifs.² À titre d'exemple, notre analyse de schémas de modèles atomiques dans les manuels scolaires révèle une autonomisation didactique du langage visuel, qui se substitue partiellement au discours, au risque d'induire, entre autres, une réification des modèles – le fameux obstacle substantialiste, au sens de Bachelard⁵ – et des confusions lors de l'insertion, insuffisamment explicitée, de dimensions extra-spatiales (l'énergie par exemple). Les trois niveaux de représentation communément évoqués en chimie (macroscopique/tangible, moléculaire/invisible et symbolique/mathématique) créent un obstacle épistémologique supplémentaire.⁶

Dans cet exposé, nous discuterons la pertinence de trois types principaux de schématisations en vue de l'acquisition de compétences métavisuelles³ dans un enseignement de la chimie basé sur la modélisation : les représentations statiques, la symbolisation des évolutions dynamiques et les simulations numériques au niveau atomique ou moléculaire.

La première partie de notre analyse se fonde sur une étude sélective d'illustrations schématiques extraites de différents manuels scolaires belges, français et allemands. Nous avons proposé une liste d'indicateurs afin de structurer notre analyse : aspect analogique, aspect descriptif, aspect fonctionnel, relation aux modèles établis par la communauté scientifique, capacité prédictive, valeur esthétique. Pour étudier l'impact didactique de la schématisation symbolique des aspects dynamiques, une autre approche a été adoptée. Deux séquences didactiques originales focalisées sur la modélisation et consacrées respectivement à la cinétique chimique et à la thermochimie ont été conçues puis testées dans différentes classes (15-17 ans) avec plus de cent cinquante élèves des Communautés française et germanophone de Belgique. Cette dernière approche met en exergue la réalisation de tâches de modélisation et de schématisation par les élèves et les obstacles cognitifs

rencontrés, alors que l'analyse des manuels scolaires s'attache à évaluer *a priori* ces obstacles lors de l'interprétation de schémas.

De manière générale, il est plutôt rare qu'un schéma permette l'expression de tous les indicateurs. Toutefois, la variété des images analysées nous a permis de balayer l'ensemble de ceux-ci. Cette analyse, couplée aux résultats des tests de séquences didactiques, nous amène à proposer les pistes de réflexion suivantes.

- (i) La pertinence d'une analogie doit être évaluée en fonction du niveau de connaissances des élèves et de leurs préconceptions, de sa pertinence scientifique et de son adéquation à des modèles reconnus.
- (ii) Il est essentiel d'accompagner toute schématisation d'un discours qui en précise le cadre. Comment faut-il lire l'image ? La valeur synoptique d'un schéma est-elle explicite ?² S'agit-il d'une représentation de type descriptif ou fonctionnel ? La distinction entre schéma et graphique n'est-elle pas brouillée ? Quel niveau de précision poursuit-on dans la description (représentation sphérique des molécules ou description de la géométrie moléculaire, par exemple) ?
- (iii) Les compétences métavisuelles ne sont pas spontanées.^{2,3} L'observation d'élèves de 15 à 17 ans suggère l'efficacité d'un apprentissage de la modélisation par la schématisation, basé sur une problématisation expérimentale. Tant la capacité d'interprétation que celle de construction de schémas se trouvent améliorées, y compris la compétence de transfert et la mobilisation des prérequis.
- (iv) Un schéma peut induire en erreur tant par ce qu'il dit mal (pensons aux différents schémas de la structure électronique des atomes, par exemple) que par ce qu'il ne dit pas (que les molécules d'un gaz sont en mouvement, par exemple).
- (v) Une image frappe l'imagination, plus que mille mots. Est-ce pour cela qu'elle vaut plus ? Elle s'enracine sans doute mieux dans la mémoire, ce qui fait sa force mais aussi son danger quand elle engendre des conceptions erronées.
- (vi) En lien direct avec ce qui précède, la dimension esthétique d'une représentation iconique n'est pas à négliger. Trop austère, elle ne stimule pas l'imagination. Une surenchère esthétique risque, au contraire, de diluer ou de déformer le propos scientifique.

¹ C. Orange (2012), *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*, De Boeck (Bruxelles)

² D. Peraya (1995), Vers une théorie des paratextes : images mentales et images matérielles, *Recherches en Communication*, 4, 1-38

³ J.K. Gilbert et R. Justi (2016), The contribution of Visualisation to Modelling-Based Teaching, in *Modelling-Based Teaching in Science Education*, Springer International Publishing Switzerland, chapitre 7

⁴ P. Arnaud (1984), Schémas et représentations en chimie dans leurs rapports à la didactique, in A. Giordan et J.-L. Martinand (Eds.), *Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifique*, Chamonix, Centre Jean Franco, pp. 107-115

⁵ G. Bachelard (1938), *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin (réédition, 2011), chapitre 6

⁶ A. H. Johnstone (2010), *J. Chem. Educ.* 87, 22-29

Lecture de schémas, modélisation et apprentissage en éveil scientifique

Marie-Noëlle Hindryckx

DIDACTIfen, Université de Liège

L'activité scientifique consiste à établir des allers-retours entre le monde des faits observés et des expériences (registre empirique) et le monde des idées explicatives imaginées (registre des modèles) (Martinand et al., 1992 ; Orange, 2012, 2015 ; Coquidé, 2015).

L'enseignement des sciences ou de l'éveil scientifique ne peut donc se faire sans l'utilisation de schémas explicatifs, modèles au service de l'apprentissage d'un concept, d'un phénomène du monde réel (Sanchez & Prieur, 2005). De tels modèles se définiraient comme des « représentations simplifiées, relativement abstraites d'un processus, d'un système, construites en vue de le décrire, de l'expliquer ou de le prévoir » (Daro, Graftiau, Hindryckx, 2015, p. 95).

Par ailleurs, de nombreux schémas explicatifs sont présentés comme texte de savoir aux élèves sans que leurs représentations à propos de ces derniers soient questionnées, comme si la forme écrite ou dessinée allait de soi et ne devait pas faire également l'objet d'un apprentissage.

Liu, Won et Treagust (2014) rapportent que les enseignants utilisent des schémas dans leur enseignement dans le but de susciter l'intérêt des élèves et la compréhension des concepts. Peraya (1995) ajoute que les schémas peuvent assurer une fonction de synthèse d'un ensemble d'éléments car ils permettent de représenter sur un même support plusieurs éléments et de les mettre en relation. Selon Cook (2011), en sciences en particulier, les images visuelles sont préférées aux textes pour afficher de multiples relations et des processus qui sont difficiles à décrire. « Mais il est une autre raison de l'intérêt des éducateurs pour l'image : il substitue le monde réel sur un seul support. En effet, l'école souvent organise son enseignement en s'excluant du monde, mais elle permet cependant à celui-ci d'entrer dans ses classes, sous la forme d'images » (Peraya, 1995, p.4).

Comme l'indique Bonnery (2015), pour comprendre le schéma d'un phénomène, il ne suffit pas de comprendre ce que chaque symbole représente, mais de pouvoir mettre en relation tous les éléments représentés. Pourtant, les schémas ont leur grammaire propre, souvent implicite voire floue qui peut être un réel obstacle à l'apprentissage (Kress & Van Leeuwen, 1996).

De plus, Peraya (1995) explique que la lecture, la compréhension et l'exploitation des schémas, comme celles de toute image ou même de textes, ne sont ni évidentes ni spontanées : les images ne sont pas pour les élèves plus transparentes que les textes et il importe d'en répertorier les obstacles, les pièges et les doubles sens.

Une pratique fréquente dans l'enseignement de l'éveil scientifique consiste à faire émerger les conceptions des élèves sur un thème ou un sujet qui sera abordé par la suite dans les apprentissages. En général, cette manœuvre, orale ou écrite, n'est que prétexte à « accrocher » les élèves, à les motiver pour la suite. Or, s'intéresser aux conceptions des élèves, ce n'est pas « s'étonner banalement que les élèves ne sachent pas, mais comprendre qu'ils sont capables de développer, à partir de leurs connaissances, des explications cohérentes et intelligentes, structurées par leur culture quotidienne » (Orange, 2012, p. 30).

Pour les chercheurs en didactique, ce ne sont pas les conceptions qui préexistent chez les élèves, mais un ensemble de connaissances, formées par le vécu quotidien, par les enseignements

préalables ou les vulgarisations diverses, qui viennent peupler à la fois leur registre empirique (registre des faits) et leur registre explicatif (registre des outils intellectuels disponibles pour construire des explications) (Orange, 2012, p. 31).

Travail de recherche

Un travail de recherche de mémoire de Master en Sciences de l'Éducation (Krings, 2017) s'est attaché à montrer comment de jeunes élèves s'approprient un schéma utilisé en éveil scientifique avant qu'un apprentissage formel soit dispensé : quelles sont les difficultés rencontrées et quels sont les processus utilisés par les élèves ?

Le cycle de l'eau a été choisi car, selon Meyer (2014), c'est une des matières scientifiques les plus enseignées par les enseignants de 3e-4e primaire en province de Liège, matière que ces derniers déclarent maîtriser et se sentir aptes à enseigner.

Un schéma du cycle de l'eau a d'abord dû être sélectionné pour être présenté à des enfants de primaire (7 ans), avant que cet apprentissage ne soit formalisé en classe (Ministère de la Fédération Wallonie-Bruxelles, 2013). Pour ce faire, la chercheuse (Krings, 2017) a choisi plusieurs exemplaires qu'elle a ensuite proposés aux enseignants impliqués dans le projet. Un schéma a répondu à la plupart des critères recherchés : présence d'un titre, de pictogrammes et de leur signification, d'annotations ; difficulté du vocabulaire modérée ; présence d'éléments figuratifs représentatifs ; degré d'abstraction du schéma et de perspective accessibles à cet âge (issu de Ch. Guillaume, 1998, p. 38).

Elle a également demandé aux enseignants de décrire les difficultés qu'ils pensaient que leurs élèves allaient rencontrer à la lecture de ce schéma et les stratégies de lecture qu'ils mettraient en place face à ce type de document.

Quinze enfants répartis dans quatre écoles, dans les classes des enseignants impliqués dans le projet de recherche ont ensuite été rencontrés. Des interviews semi structurées ont été réalisées avec chaque enfant afin de détecter les démarches et difficultés posées par l'appropriation de ce schéma présentant le cycle de l'eau.

Les résultats semblent montrer que les enseignants anticipent les difficultés potentielles de leurs élèves et les processus qu'ils vont utiliser, mais qu'ils passent à côté de certains éléments qui amènent des difficultés au lecteur novice, comme la notion d'échelle, de perspective, l'utilisation de codes par l'auteur et le degré d'abstraction du schéma.

Du côté des élèves, au delà de démarches de lecture assez attendues pour cet âge (interprétation des pictogrammes avant de lire les concepts; ignorance systématique du titre ; tentatives de décomposition des termes plus difficiles en mots plus familiers ; explications systémiques rares...), on peut remarquer que l'interprétation donnée au schéma dépend fortement du projet que l'enfant a en tête. Ainsi, on pourra montrer que quand l'enfant ignore ou délaisse la forme scolaire attendue pour la lecture de ce schéma, son imagination lui permet de construire du sens selon son propre projet. Le décalage qu'il peut alors y avoir entre le projet d'apprentissage visé par l'enseignant par l'utilisation d'un modèle (ici, un schéma) et celui de l'enfant lorsqu'il s'approprie ce schéma, est important et doit apparaître aux yeux des (futurs) enseignants.

Si l'activité scientifique consiste effectivement à établir des allers-retours entre le monde des faits observés et des expériences et le monde des idées explicatives imaginées, la maîtrise du contenu qu'elle soit le résultat de l'enseignement ou de l'expérience est donc un facteur déterminant dans le décodage d'informations schématisées et dans l'apprentissage des sciences. La question des malentendus socio-cognitifs, sources d'inégalités d'apprentissage sera également abordée (Bautier & Rayou, 2009).

Bautier, E. & Rayou, P. (2009). *Les inégalités d'apprentissage. Programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Presses Universitaires de France. Paris.

Bonnery, S. (2015). *Supports pédagogiques et inégalités scolaires : études sociologiques*. Paris, France : L'enjeu scolaire.

Coquidé, M. (2015). Modèles et modélisation dans l'enseignement scientifique. In : Th. Evrard et B. Amory (2015). *Les modèles, les incontournables pour enseigner les sciences ! Apprendre de 2 ans ½ à 18 ans*. Outils pour enseigner. De Boeck. Louvain-la-Neuve : 35-44.

Cook, M. (2011). Teachers' use of visual representations in the science classroom. *Science Education international*, 22 (3), 175-184.

Daro, S., Hindryckx, M.-N. & Graftiau, M.-C. (2015). Réfléchir avec les enseignants sur l'usage de la modélisation dans l'enseignement des sciences au fondamental. In : Th. Evrard et B. Amory (2015). *Les modèles, les incontournables pour enseigner les sciences ! Apprendre de 2 ans ½ à 18 ans*. Outils pour enseigner. De Boeck. Louvain-la-Neuve : 95-105.

Guillaume, C. (1998). *Eveil à la nature et à l'environnement*. 8/10. De Boeck, p.37.

Kress, G. R., & Van Leeuwen, T. (1996). *Reading images: The grammar of visual design*. Psychology Press.

Krings, F. (2017). Quels sont les processus utilisés lors de la lecture d'un schéma par des enfants du 2e et 4e cycle et quelle est la contribution de ces processus dans la compréhension de celui-ci ? Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Master en Sciences de l'Education à finalité spécialisée en Enseignement. Faculté de Logopédie, Psychologie et Sciences de l'Education. Université de Liège.

Liu, Y., Won, M., & Treagust, D. (2014). Secondary biology teachers' use of different types of diagrams for different purposes. In B. Eilam & J.K. Gilbert (Eds), *Science Teachers' Use of Visual Representations : Models and modeling in Science Education* (p. 103-121). Londres : Springer International Publishing

Martinand, J.-L., Astolfi, J.-P., Chomat, A., Drouin, A.M., Genzling, J.-C, Larcher, G, Lemeignan, G., Méheut, M., Rumelhard, G. & Weel-Barais, A. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. INRP : Paris.

Meyer, C. (2014). Quelles sont les pratiques enseignantes, en 3e et 4e primaires, en sciences ? Etude de l'enseignement des sciences en Province de Liège. Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Master en Sciences de l'Education à finalité spécialisée en Enseignement. Faculté de Logopédie, Psychologie et Sciences de l'Education. Université de Liège.

Ministère de la Fédération Wallonie-Bruxelles (2013). *Socles de compétences*. Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique, Pilotage du Système éducatif : Bruxelles.

Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Le point sur. Pédagogie. De Boeck. Bruxelles.

Orange, C. (2015). Peut-on faire des sciences sans modéliser ? Peut-on enseigner les sciences sans faire modéliser. In : Th. Evrard et B. Amory (2015). *Les modèles, les incontournables pour enseigner les sciences ! Apprendre de 2 ans ½ à 18 ans*. Outils pour enseigner. De Boeck. Louvain-la-Neuve : 11-33.

Peraya, D (1995). Vers une théorie des paratextes : images mentales et images matérielles. *Recherches en communication*, 4, 119-157

Sanchez, E., & Prieur, M. (2005). *Place et rôle des modèles dans l'enseignement des sciences de la vie et de la terre*, INRP : Paris