

# Vers une agrégation en sciences : images d'une collaboration ...

M.-N. Hindryckx (biologie), V. Collignon et A. Cornélis (chimie)

L'année académique 2001-2002 a été marquée par plusieurs changements au niveau des agrégations en sciences : le lancement de la nouvelle formation à l'agrégation (cours et périodes de stages pratiquement doublés) et l'arrivée de nouveaux intervenants au niveau de la formation des futurs enseignants en sciences.

L'occasion était donc belle pour essayer de mettre en route une collaboration entre les trois sciences : la physique, la chimie et la biologie.

En effet, il n'est pas rare de voir un enseignant, chimiste de formation, s'atteler à dispenser des cours de biologie ou, à l'inverse, un biologiste tenu de dispenser la formation en sciences (physique, chimie et biologie) aux élèves du deuxième cycle du secondaire. Il nous est donc paru important d'établir des synergies pour préparer au mieux les futurs enseignants en sciences pour l'enseignement secondaire.

Le défi était double : d'une part, essayer de poursuivre l'excellent travail de nos prédécesseurs (Messieurs R. Cahay pour la chimie et C. Vandewalle pour la biologie) et, d'autre part, profiter de l'augmentation significative du nombre d'heures dans la formation pour ajouter des cordes aux arcs des futurs enseignants en sciences.

Le coup de pouce pour initier cette collaboration a été donné par le faible nombre d'étudiants inscrits à la nouvelle agrégation cette année académique. En effet, comme dans beaucoup de sections, les inscriptions ont été anormalement nombreuses l'année qui a précédé le lancement de la nouvelle agrégation, beaucoup d'étudiants ayant décidé de fractionner leur formation sur deux ans.

Chaque didacticien des sciences a donc dû gérer deux types d'étudiants : ceux qui ne devaient quasiment plus prêter que leur stage et ceux qui démarraient une nouvelle formation complète en un an. Comment organiser des séances d'enseignement en chambre, pour s'entraîner au métier, à deux ou trois ? Comment organiser des débats d'idées ou des pratiques réflexives à ... deux ? C'est pourquoi, les trois futurs enseignants biologistes et les deux chimistes ont été regroupés à de nombreuses reprises pendant l'année. Faute de candidat, la collaboration avec l'agrégation en physique n'a été qu'embryonnaire, mais sera davantage développée l'année prochaine.

Concrètement, les étudiants étaient regroupés pour des activités concernant indistinctement les deux disciplines, par exemple :

- Des ateliers de formation à l'utilisation d'un rétroprojecteur, à la fabrication de transparents, à la projection d'images numériques et à l'utilisation de la vidéo dans les cours de sciences pris en charge par B. Monfort du L.E.M ;
- Une rencontre-débat avec des intervenants de terrain - directeur et enseignants : Monsieur Schoubrechts, agrégé en chimie et directeur de Saint-Louis et Mesdames

Hiernaux, Kroonen et Romano (professeurs de chimie et biologie) sur le thème des compétences : mise en place et évaluation ;

- Un atelier de formation à l'évaluation des compétences en sciences organisé par Monsieur L. Jonius, collègue Saint-Roch Ferrières, détaché à la Communauté française ;
- La visite au Centre d'Auto-formation de la Communauté française (CAF de Tihange) sous la houlette de Messieurs P. Colette et J. Roland et avec la présence des Inspecteurs, Messieurs R. Sacré (biologie) et P. Arnould et J. Furnémont (chimie) ;
- Une rencontre-débat avec des inspecteurs de chimie (Monsieur J. Furnémont) et de biologie (Monsieur R. Sacré) de l'enseignement de la Communauté française ;
- La participation aux séances de formation continuée à l'usage des enseignants en sciences (physique, chimie et biologie) ;
- Des séances d'enseignement en chambre (micro-enseignements) regroupant également des futurs enseignants en physique, inscrits sous l'ancien régime ;
- Des séances de recul réflexif sur les stages et d'épistémologie des sciences ;
- Et d'autres choses encore...

Notre volonté n'était pas du tout de fondre les deux didactiques en une seule et ainsi gommer les spécificités de chacune. Au contraire, nous sommes bien conscients de la nécessité d'étudier la didactique propre à sa discipline, mais n'est-ce pas le contact et les échanges avec les autres disciplines qui nous ramènent le mieux à la spécificité de notre propre formation ?

Ainsi, certains ont pu voir, lors des séminaires d'interdisciplinarité dispensés dans le cadre de la nouvelle agrégation, que c'est en confrontant les apports de sa discipline à celle des autres ou à l'avis que les autres en ont, que l'on dégager le mieux la spécificité de sa formation de base.

À côté de cette formation en « tronc commun », il y avait donc des séances propres à l'une ou l'autre discipline : découverte des outils d'enseignement assisté par ordinateur (logiciels spécifiques ; bases de données ; banque de questions) ; séances d'organisation de laboratoires ou d'utilisation de matériel particulier) ; rencontres avec les moniteurs pédagogiques, enseignants d'une discipline ;...

Nous avons aussi voulu tester une activité croisée, c'est-à-dire, amener les biologistes à se mettre à la place des chimistes et l'inverse. C'est cette activité qui va être décrite ici.

### **Description de l'activité « représentations et démarche expérimentale »**

L'objectif fixé pour cette séance (environ 3 heures) était d'évoquer le problème des représentations (ou préconceptions) des élèves lors de l'apprentissage, ainsi que les composantes d'une démarche scientifique de type expérimental à mener avec des élèves.

Nous aurions pu mener une discussion sur le sujet, relatant diverses recherches, diverses théories sur ces sujets. Nous avons préféré faire vivre cette activité aux futurs enseignants, chimistes et biologistes.

Les biologistes ont donc été pris en charge par les responsables de l'agrégation en chimie et l'inverse.

*En ce qui concerne les chimistes, l'activité suivante a été proposée<sup>1</sup> :*

**La première étape** consistait à faire émerger les représentations des étudiants sur les concepts de « fruits et légumes » à l'aide d'un test individuel “ papier crayon ” constitué de plusieurs parties et à mettre les constatations en commun.

- Une liste de noms de parties de végétaux appelées communément « fruits » ou « légumes » a été proposée avec comme consigne de ranger l'étal du marchand de primeurs sous trois rubriques : « fruits », « légumes » ou « autres ».
- Des photos de « fruits et légumes » ont également été proposées en demandant aux étudiants d'identifier la partie végétale habituellement mangée : racine ? feuille, tige ou bulbe ? ou encore fruit, grain, graine ?
- Une définition plausible du concept de « fruit » leur était également demandée individuellement.

**deuxième étape** : de la correction des tests préalables, il découle le problème que constitue le classement “ fruit/légume ” (purement arbitraire) et il se dégage la nécessité de proposer des critères de reconnaissance du “ fruit ” (au sens botanique du terme).

**troisième étape** : en groupe, les étudiants doivent formuler les caractéristiques qui pourraient définir le fruit, en reprenant leurs définitions individuelles (hypothèses de travail) et proposer les démarches à suivre pour les vérifier.

**quatrième étape** : sur du matériel frais et varié, le groupe vérifie par observation et manipulation une ou plusieurs hypothèses de caractéristique du “ fruit ” et garde une trace des cheminements possibles pour arriver à la définition du “ fruit ” (sorte de cahier de laboratoire)

**cinquième étape** : les groupes présentent leurs résultats de recherche et tous construisent une définition du terme “ fruit ” sur des critères objectifs et reclassent des objets (fruit/non fruit).

**sixième étape** : les étudiants comparent de la définition obtenue par la recherche et celles données dans la littérature scientifique, spécialisée ou non.

---

<sup>1</sup> Cette activité a été adaptée d'une séquence de leçons conçues pour les élèves de deuxième et troisième licence en Sciences de l'Education, lors d'un cours de didactique des sciences (L260c) à la faculté de Psychologie et Sciences de l'Education de l'Université de Liège.

*En ce qui concerne les biologistes, l'activité suivante a été proposée<sup>2</sup> :*

À partir de piles vendues dans le commerce et d'expériences simples, on veut amener l'étudiant (biologiste) à se poser des questions sur le fonctionnement d'une pile commerciale de type Leclanché. Il faut également lui faire prendre conscience de ses propres représentations et l'amener à éventuellement à les remettre en question.

Au départ, on constate que l'étudiant fait appel à sa mémoire et ne tire pas tous les renseignements possibles de l'expérience qu'il réalise. Pour certains, il y a confusion entre sens de déplacement des électrons et sens du courant électrique. L'idée la plus répandue auprès des étudiants, est que la pile est traversée par le courant électrique...

**La première expérience** consiste à faire briller de trois manières différentes une ampoule électrique en utilisant uniquement une pile ronde de 1,5 V et un seul fil conducteur (qu'on ne peut pas couper). Cette première expérience doit susciter plus de questions qu'elle n'apporte d'explications sur le fonctionnement de la pile.

**La deuxième expérience** consiste à refaire la même expérience mais en utilisant une demi-pile ronde de 1,5 V coupée dans le sens longitudinal<sup>3</sup>. L'expérience semble moins évidente pour les étudiants. Ils sont surpris car, persuadés d'avoir bien placé, à l'intérieur de la pile, le fil et l'ampoule, celle-ci refuse tout de même de s'allumer. Ce n'est qu'après quelques essais et... erreurs, qu'ils arrivent à faire briller l'ampoule et à revoir leurs représentations sur le rôle des constituants se trouvant à l'intérieur de la pile. À ce stade, il n'est pas évident d'identifier les constituants chimiques d'une pile commerciale car la poudre noire, qui se trouve à l'intérieur, masque d'autres composants. Toutefois, les étudiants découvrent que la pile est composée d'une enveloppe de zinc formant la borne négative, que celle-ci est isolée du reste de la pile et qu'au centre, il y a un bâton de graphite correspond à la borne positive. Ils comprennent également que le zinc libère les électrons par la réaction  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$ . Les étudiants mettent en doute le fait que les électrons traversent la pile mais ils ne comprennent pas le rôle du graphite.

Pour confirmer ces hypothèses et pour progresser dans la compréhension du fonctionnement d'une pile, deux autres expériences sont proposées. La **troisième expérience** consiste à faire fonctionner une horloge électronique en utilisant le matériel suivant : un morceau de ruban de magnésium ; une lame de cuivre ; une pomme de terre ; des pinces ; des fiches, des fils. Dans ce cas, il faut un voltmètre pour identifier la borne positive et la borne négative. Le magnésium joue le même rôle que le zinc de la pile commerciale, c'est la borne négative, le donneur d'électrons suivant la réaction  $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$ . Dans ce cas, la borne positive est la lame de cuivre dont le rôle semble être de conduire les électrons vers la pomme de terre. Les étudiants sont amenés à se poser des questions sur le rôle de la pomme de terre. Ils évoquent le fait que celle-ci contient des ions.

---

<sup>2</sup> Cette démarche est inspirée

- des laboratoires mis au point par Messieurs R. Cahay et R. Linard à l'intention des élèves de 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> de l'enseignement secondaire
- du document intitulé « Enseigner les sciences : une question de style ? La VIDEO au service de la méthodologie de l'enseignement des sciences » et réalisé par le Lem (laboratoire d'enseignement multimédia) de l'Université de Liège avec la collaboration de Messieurs M. Charlier et J.-M. Debry, enseignants à l'Athénée F. Bovesse de Namur.

<sup>3</sup> Pour des raisons de sécurité, il est impératif de n'utiliser que des piles de type « Leclanché ». Il est dangereux d'utiliser des piles alcalines.

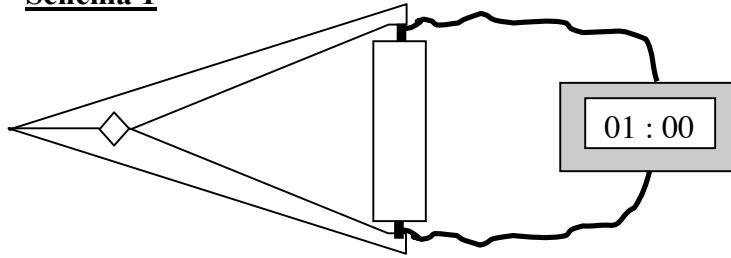
**La quatrième expérience** confirme la nécessité d'utiliser une solution ionique. Elle consiste à refaire la même expérience, mais en utilisant un matériel différent. Dans ce cas, les étudiants doivent faire fonctionner une horloge électronique en utilisant des pièces de 50 centimes (FB), des morceaux de feuille d'aluminium, des morceaux de carton, une solution aqueuse de chlorure de sodium, une pince à linge dans laquelle sont fixées deux punaises à tête métallique et deux fils électriques (voir schéma 1, ci-après). Après quelques tentatives infructueuses, les étudiants ont réussi à faire fonctionner l'horloge en réalisant un empilement formé d'une alternance pièce en cuivre/ aluminium, ces métaux étant séparés par des morceaux de carton imbibé de solution saline. Cet empilement est maintenu par la pince à linge. Les étudiants réalisent ainsi une pile de type Volta et concluent que pour faire une pile, il faut deux métaux différents. Dans ce cas le cuivre et l'aluminium, le voltmètre indique que la borne positive est le cuivre et la borne négative l'aluminium. Ils confirment alors la nécessité de séparer les deux métaux par une solution ionique. En effet, l'eau salée contient les ions sodium et chlorure.

Pour essayer de comprendre le rôle de la solution ionique, les étudiants réalisent une pile de Daniell (voir schéma 2, ci-après). Celle-ci ressemble moins aux piles commerciales, mais présente l'avantage de mieux faire apparaître le fait que dans une pile il y a un courant électronique qui correspond à un déplacement des électrons de la borne négative vers la borne positive et que, pour maintenir l'électroneutralité, il doit y avoir en même temps un courant ionique dans les solutions aqueuses. Cette pile permet également de mieux comprendre les réactions chimiques qui ont lieu au niveau des électrodes car celles-ci sont plus simples.

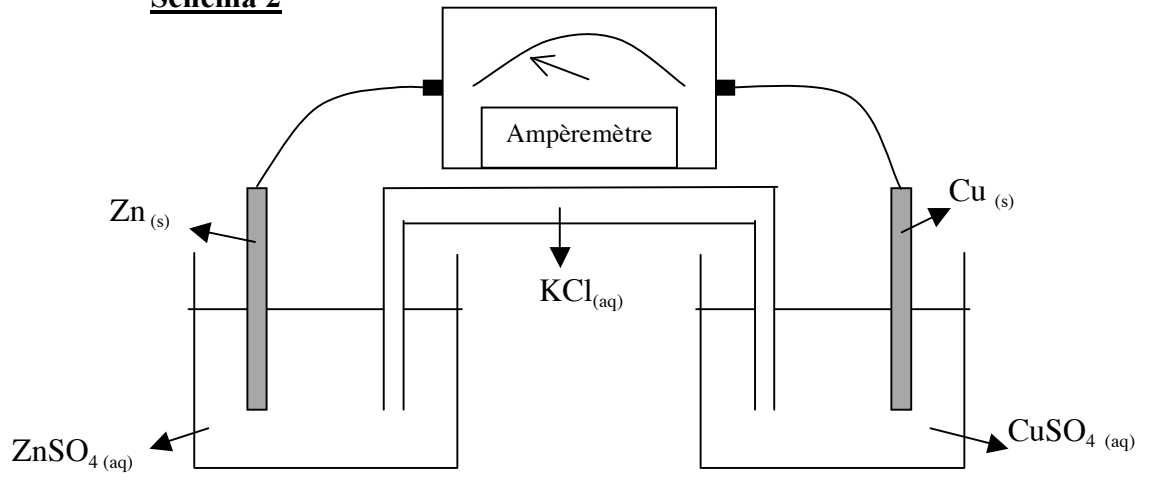
Il aurait été intéressant de terminer la séance en revenant à la pile commerciale de type Leclanché et en établissant les analogies avec la pile de Daniell et en essayant de réaliser une pile de ce type avec du matériel de laboratoire.

On peut citer comme autres intérêts de cette séance, outre le fait de travailler les représentations, l'importance de réactiver les notions de chimie et de montrer que les réactions d'oxydoréduction peuvent être introduites par des exemples concrets rencontrés dans la vie de tous les jours.

**Schéma 1**



**Schéma 2**



## Prise de recul par rapport au vécu des étudiants

Une première mise au point a été réalisée quant à la nécessité de faire émerger les **représentations** des élèves à propos d'un sujet<sup>4</sup> et de les confronter à la réalité, au questionnement.

En biologie, les conceptions sont fréquentes et sans doute plus tenaces qu'en chimie, par exemple. En effet, les notions abordées peuvent être plus facilement rapprochées du vécu, des sensations des élèves et d'un certain sens commun dont il n'est pas facile de se défaire. De même, de nombreux sujets en biologie sont encore considérés comme tabous ou difficilement abordables en classe, face à la diversité culturelle du public ciblé.

En chimie, les modèles, par exemple ceux qui représentent la structure atomique, peuvent poser d'énormes problèmes aux étudiants, pour envisager, par la suite, la liaison chimique. En effet, c'est très tôt que l'on doit introduire les modèles atomiques dans l'enseignement de la chimie. Comment être scientifiquement correct, tout en s'adaptant au niveau des élèves de 4<sup>ème</sup> dans des sujets aussi subtils que la structure atomique et la liaison chimique? Comment induire des représentations simplifiées chez les élèves mais qui ne bloqueront pas leur apprentissage par la suite lorsqu'ils passeront à des modèles plus complexes ?

Un retour sur la **mise en place d'une démarche scientifique de type expérimental** auprès des élèves a été fait : quelles sont les étapes incontournables ? quels sont les paramètres à prendre en compte ? etc.<sup>5</sup>

Une prise de conscience des **difficultés liées à l'expérimentation** a été amorcée.

En biologie, les difficultés rencontrées lors de la mise en place d'une démarche expérimentale sont souvent liées au contrôle des variables, souvent très nombreuses. Un autre problème vient de la gestion du temps, parfois nécessaire pour accomplir une expérience en direct (croissance des plantes, par exemple). Se procurer du matériel

---

<sup>4</sup> Mise en relation avec les notions abordées au cours de P. Stegen de Didactique générale et avec le syllabus de J. Beckers, 2000. Didactique générale et gestion des apprentissages en contextes scolaires, Université de Liège, Point de Vue Edition : 200 p.

<sup>5</sup> Cette étape a été largement enrichie par les premiers résultats d'une recherche AGERS intitulée : « Pour une formation des futurs instituteurs et régents à une autre didactique des sciences à l'école primaire et au premier cycle du secondaire. Recherche-action pluridisciplinaire visant à la maîtrise de l'enseignement de la démarche scientifique ». Brouwir C., Hindryckx M.-N., juin 2001 et mai 2002 : rapports intermédiaires. Service de Didactique générale et de Méthodologie de l'Enseignement secondaire, Université de Liège, Ministère de l'Éducation de la Recherche et de la Formation; Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique.

Voir aussi à ce sujet : Brouwir C., Hindryckx M.-N. et Stegen P., 2002. Pour une formation des futurs instituteurs à une autre didactique des sciences à l'école primaire, Actes du colloque de l'ULB « Laboratoires et Enseignement des Sciences », novembre 2001 à Treignes (sous presse) et Brouwir C., Hindryckx M.-N. et Stegen P., 2002. Pour une formation des futurs instituteurs à une autre didactique des sciences à l'école primaire, Actes du Deuxième Congrès des Chercheurs en Education « *L'école, dans quel(s) sens ?* » à Louvain-la-Neuve (sous presse)

vivant peut aussi être difficile. L'expérimentation biologique et l'enseignement de la biologie en général, se heurtent aussi à des problèmes d'éthique, de déontologie ou à de véritables tabous.

En chimie, les étudiants de l'agrégation ne font plus les expériences pour eux-mêmes mais pour les élèves et ils sont responsables de leur sécurité. L'expérimentation étant le fondement du cours de chimie, les expériences peuvent être faites par le professeur dans le cas de phénomènes spectaculaires, suscitant l'étonnement, le désir de comprendre ou dans le cas d'expériences plus élaborées ou plus dangereuses. Pour être efficaces, ces démonstrations expérimentales doivent être appropriées, bien préparées, répétées, visibles par tous, simples, dépouillées, vivantes et immédiates avec une bonne mise en scène.

D'autres expériences peuvent être faites par les élèves eux-mêmes. Elles sont destinées à motiver, intéresser les élèves. Elles font découvrir des faits, des principes de chimie. Elles développent l'observation, l'imagination, le raisonnement, l'esprit scientifique, l'habileté manuelle (utiliser correctement le matériel). Elles apprennent à travailler en groupe, à rédiger un rapport, à chercher des informations.

Ces expériences peuvent être dirigées (comparaison, généralisation...) ou libres (méthode de la découverte). On peut faire des expériences "pour voir", mais on peut aussi faire des expériences "pour prouver". Le professeur peut aider l'élève, en le mettant en confiance (énoncer clairement les objectifs), en associant textes et pictogrammes, en proposant un schéma simple des réactions, en lui apprenant les techniques avant de les utiliser dans des manipulations plus élaborées.

Les manipulations en chimie ne s'improvisent pas : il faut gérer le temps, le matériel, la disposition des élèves, et surtout respecter les règles de sécurité et d'hygiène. Ces activités impliquent le développement de l'habileté manuelle et de la rigueur, non seulement dans la conception, mais aussi dans la mise en œuvre. Nous envisageons dans le futur de consacrer plus de temps à la sécurité dans le laboratoire de chimie et à l'information sur les substances toxiques.

Le point sur la nécessité du **classement** et l'utilité de la **systematique** en biologie a été fait.

Les biologistes éprouvent la nécessité d'utiliser un **vocabulaire précis** (jargon scientifique) ; les chimistes utilisent en plus un **langage codé**, celui des formules et des équations. C'est souvent une difficulté majeure éprouvée par les étudiants lors de leurs débuts en chimie ou en biologie.

En tant que professeurs du secondaire comment pouvons-nous aider les élèves à améliorer leur perception des sciences ? Peut-être en intégrant **la chimie dans le quotidien**?

Ne pourrait-on pas jouer un rôle primordial en analysant un objet de consommation courante, une publicité ou une activité... avec un œil "ultrachimique" et en dressant un inventaire aussi exhaustif que possible de la chimie qu'il contient ou implique, tout en restant accessible à des élèves du secondaire?

Dans cette optique, l'examen de didactique de la chimie consistera à présenter une recherche personnelle sur un objet de la vie courante afin de mettre en évidence l'impact de la chimie dans le quotidien.



L'examen en didactique de la biologie portera davantage sur la mise en place de la démarche scientifique à caractère expérimental dans les classes. Les étudiants de l'agrégation devront présenter une séquence de cours en accord avec les notions qui ont été développées pendant l'année.

## **Bilan de la collaboration**

En ce qui concerne la collaboration chimistes et biologistes, l'avis des principaux intéressés semble être positif. Un questionnaire d'avis a été administré aux étudiants à la dernière séance de cours. Il en ressort que les étudiants sont enchantés, surtout de la richesse des échanges, de la confrontation des points de vue divers, de la découverte de trucs et ficelles pour enseigner une autre discipline scientifique que la sienne... C'est à refaire, en tous cas !

En tant que didacticiens, nous sommes également satisfaits de la collaboration dans son ensemble. C'est la raison pour laquelle nous nous proposons, l'année prochaine, de reconduire la collaboration en y associant bien sûr les physiciens. Ainsi, nous espérons que, grâce à la formation dispensée dans le cadre de l'agrégation d'un licencié en biologie, chimie ou physique, le « s » de sciences prendra tout son sens !

Pour de plus amples renseignements, n'hésitez pas à nous contacter :

Biologie :	HINDRYCKX M.-N.	<a href="mailto:MN.Hindryckx@ulg.ac.be">MN.Hindryckx@ulg.ac.be</a> 04 366 34 89
Chimie	CORNELIS A.	<a href="mailto:andre.cornelis@ulg.ac.be">andre.cornelis@ulg.ac.be</a> 04 366 29 78
	COLLIGNON V.	<a href="mailto:v.collignon@ulg.ac.be">v.collignon@ulg.ac.be</a> 04 366 33 35
Physique :	GRANDJEAN F.	<a href="mailto:fgrandjean@ulg.ac.be">fgrandjean@ulg.ac.be</a> 04 366 36 32