

Production d'outils pour la formation des enseignants en science et en mathématiques

VINCE Jacques
COPPE Sylvie
RICHOUX Hélène
UMR ICAR (groupe COAST)
CNRS- Lyon 2 - ENS Lyon - ENS LSH

Depuis dix ans, à Lyon, l'équipe COAST a mené des projets de recherche-développement dans l'objectif de produire des documents qui intègrent des résultats de recherche en didactique des sciences disponibles et qui soient directement opératoires pour les enseignants et ceci afin de réduire l'écart qui apparaît généralement entre des résultats de recherche en didactique et la pratique professionnelle des enseignants. Ces projets, dont la question générale porte sur l'articulation entre activités des élèves et pratiques de l'enseignement, s'appuient sur des travaux de recherche menés principalement en didactique des sciences physique et chimie (depuis 2002, le dernier projet intègre également l'enseignement des mathématiques et les travaux de didactique des mathématiques sur l'algèbre).

Ils ont permis de développer ce que nous avons appelé des "outils" pour les enseignants. Ce terme d'outil vient de l'hypothèse que la profession d'enseignant utilise des instruments comme le tableau noir (aspect matériel), les livres scolaires et autres documents dont les programmes officiels et que cette "instrumentation" va se développer en particulier du fait des TICE. Les documents produits (textes pour les enseignants, produits informatiques etc.) sont conçus pour être des outils pour une formation continue, par la didactique, des enseignants de mathématiques, physique et chimie.

Le projet actuel vise à élargir la palette d'outils destinés à aider les enseignants ou les élèves, à la rendre communicable à d'autres enseignants, à étudier l'usage des outils par les enseignants. Pour cela, il comporte un travail de conception d'outils qui nécessite de mettre simultanément en œuvre des résultats de recherche très divers : les conceptions des élèves, des analyses épistémologiques sur le savoir, des hypothèses d'apprentissage, des hypothèses sur le langage et sur les représentations symboliques, etc. ainsi que l'expérience professionnelle des enseignants. Le travail autour de la conception et de l'utilisation des outils se fait à plusieurs niveaux et en collaboration entre chercheurs et enseignants. Ainsi, le travail conjoint et la complémentarité des différentes compétences permettent de tenir compte à la fois des résultats de la recherche internationale les plus récents et de l'expérience des enseignants.

Il comporte cinq sous-groupes thématiques réunissant chacun des chercheurs et des enseignants.

Groupe 1 : Chimie (niveau lycée)

Groupe 2 : Physique (niveau lycée)

Groupe 3 : Apprentissage et évaluation des élèves ; communication avec les enseignants (niveau lycée)

Groupe 4 : Mathématiques (niveau collège)

Groupe 5 : Simulation et apprentissage des élèves (niveau lycée).

Le travail mené se fait également :

- par sous-groupe thématique : il s'agit de produire des outils et d'en expérimenter certains (comme les propositions de séances d'enseignement) dans des classes et/ou de produire des textes qui accompagneront la diffusion des outils pour la classe.
- en réunion plénière regroupant l'ensemble des enseignants et des responsables des sous-groupes : il s'agit, outre d'informer chaque sous-groupe de ses productions et de l'avancement du travail, de mettre à la discussion des questions plus générales qui concernent tous les groupes comme, par exemple, le repérage d'outils plus généraux permettant d'analyser et de choisir des activités à proposer aux élèves pour introduire tel ou tel concept en fonction de critères explicites.
- en réunion de coordination regroupant les responsables des sous-groupes et tous les chercheurs associés : il s'agit ici de faire émerger des questions de recherche portant, par exemple, sur les conditions de la diffusion des outils ou sur la pratique professionnelle.

Ce travail en synergie a conduit à des productions diverses d'une part dans leur contenu et leur objectif mais également dans leur processus d'élaboration :

- productions issues directement des résultats de la recherche en didactique mis en forme pour les enseignants en général sous forme de texte ;
- productions co-élaborées par les enseignants et les chercheurs :
 - "matériaux d'enseignement" (séquences d'enseignement et commentaires associés) concernant un contenu d'enseignement donné ;
 - outils "généraux" d'analyse et de conception (dégagés d'un contenu spécifique) pouvant être effectivement utilisables par l'enseignant qui ne connaît que peu de didactique

Structure des différents outils produits en physique-chimie

Parmi les outils développés, trois catégories ont été distinguées selon la distance plus ou moins grande qui les séparent des résultats de la recherche.

1. Les outils directement issus des résultats de la recherche.

Ces outils permettent par exemple d'analyser des savoirs à enseigner sur l'ensemble d'une séquence ou pour chaque activité (catégorisation objets/événements - modèle, catégorisation savoir à enseigner – savoir quotidien, catégorisation savoir connu – savoir à construire) ainsi que les savoirs supposés de l'élève. Nous considérons en effet qu'une condition première d'un bon apprentissage consiste à aider l'élève à distinguer les éléments perceptibles de la situation matérielle de ceux qui relèvent du modèle qui en rend compte et à les mettre en relation. La démarche consistant à faire fonctionner un modèle pour rendre compte d'une situation matérielle est très souvent rendue difficile pour l'élève car il fait souvent intervenir des éléments extérieurs au modèle issus généralement de ses connaissances et de modes de pensée de la vie quotidienne. Cet outil a plusieurs fonctions : d'aide à la conception de séquence ou séance d'enseignement et de guide pour l'enseignant dans l'analyse de ses propres productions (tableau 1).

	Déjà connu		A construire	
	physique	quotidien	physique	quotidien
Monde Théorie/Modèle				
Relation entre théorie/modèle et objets/événements)				
Monde objets/événements				

Tableau 1 : outil général conçu directement à partir des hypothèses de recherche en didactique

2. Les outils élaborés à la fois à partir de divers résultats de la recherche et de l'expérience professionnelle des enseignants.

➤ *Outils indépendants du contenu d'enseignement.*

Ce que nous avons appelé "la toile de fond" permet à l'enseignant de donner des repères à l'élève, de prévoir ses difficultés et de gérer sa classe et les modalités de travail de l'élève (Gaidioz et al. 2003 à paraître). Par ailleurs, d'autres outils (appelés "balises") fonctionnent comme des panneaux de signalisation attirant l'attention de l'enseignant pendant son travail de préparation et aussi pendant ses cours, par exemple lorsqu'il doit réaliser ou faire réaliser une expérience, rédiger des documents écrits, préparer une intervention orale, etc. Pour chacune de ces balises nous proposons à l'enseignant un ou plusieurs « outils » sous la forme d'atouts et de risques lors de la mise en place d'une activité assignée de cette balise. Ces balises correspondent à des activités et des aspects du contenu d'enseignement qui sont très fréquents dans l'enseignement de la chimie et de la physique. Elles sont structurées en trois catégories : celles concernant le type d'expérience réalisée ou évoquée, celles concernant le rôle joué par le modèle au cours de l'apprentissage, celles concernant les registres sémiotiques utilisés.

➤ *Outils associés à un contenu spécifique d'enseignement.*

Nous avons élaboré des séquences d'enseignement à partir des programmes de Seconde, de Première S et de terminale S en vigueur depuis septembre 2000 à partir du cadre théorique présenté ci-dessus ainsi que des commentaires associés. Ces séquences sont disponibles sur le site académique de Lyon (<http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/> puis « groupe outils-sesames »).

Chaque partie d'un programme fait l'objet d'une séquence subdivisée en chapitres composés d'une succession d'activités. Dans cette élaboration les résultats de recherche antérieurs, en particulier sur les conceptions des élèves et sur les situations d'enseignement conçues lors de recherche, ont été pris en compte. Le programme propose parfois des contenus d'enseignement dont les résultats de recherche ont montré qu'ils étaient extrêmement difficiles à apprendre pour une majorité d'élèves. Nous avons alors décomposé le savoir à enseigner beaucoup plus que les programmes ne le proposent et nous avons repris, quand cela est possible, des situations déjà expérimentées en recherche (par exemple, en mécanique 2^{nde} et 1^{ère} S, en optique, pour l'énergie, sur les gaz. Les commentaires associées à la séquence proposée sont organisés de manière systématique selon différentes rubriques (*pourquoi cette activité ? ; informations pour la préparation ; analyse du savoir à enseigner et informations sur le contenu disciplinaire ; informations sur le comportement des élèves et sur la façon de prendre en compte leurs difficultés ; corrigé*).

➤ *Outils associés à l'évaluation des connaissances des élèves : exemples s'appuyant sur des simulations.*

Nous avons élaboré des situations d'évaluation formative mettant en œuvre des simulations informatiques, situations permettant aux professeurs d'évaluer l'acquisition des connaissances des élèves sur les programmes de mécanique de seconde et première S et aux élèves d'interroger et de faire évoluer leurs connaissances.

Pour chaque situation d'évaluation, à la fiche-élève sont associés des commentaires pour les professeurs (reprenant les rubriques présentées au dessus) et le fichier informatique de la simulation.

Parallèlement, une aide, essentiellement à destination des élèves, est en cours de développement, aide dont l'objectif est de faciliter un travail en autonomie des élèves. Elle comporte trois volets : informations nécessaires à l'emploi du logiciel (*Interactive*

Physique), texte des modèles de mécanique introduits dans les différents niveaux d'enseignement (2nd, 1S et TS), notions de mathématiques.

Les situations produites et l'aide sont expérimentées dans des classes, et leurs contenus sont adaptés en fonction de l'analyse des données recueillies (copies et vidéos).

Un exemple de documents produits en mathématiques

En mathématique, notre implication dans le projet étant plus récente, nous avons commencé d'une part à élaborer des outils directement issus des recherches en didactique de l'algèbre et d'autre part, à élaborer et à réaliser cinq séances de classe portant sur l'introduction de l'algèbre en 4^{ème}.

En ce qui concerne le premier point, à la suite des nombreuses recherches qui portent sur l'algèbre, nous avons élaboré six principes qui nous semblent tout à fait importants pour l'enseignement de ce savoir au collège. Ces principes sont de deux types : ceux qui portent sur l'enseignement des mathématiques (1, 3 et 4) et qui s'appuient de façon épistémologique sur la résolution de problèmes et ceux qui concernent davantage l'algèbre (2, 5 et 6).

1 - Proposer aux élèves des problèmes dans lesquels l'emploi des lettres (ou autre symbole) paraît sinon indispensable mais utile, performant pour résoudre le problème.

2 – Ne pas désigner trop tôt les quantités inconnues ou variables par une (ou des) lettre(s). Laisser les élèves ressentir la nécessité de leur introduction plutôt que de les donner a priori.

3 - Travailler sur les changements de registres entre la langue naturelle, le numérique et le géométrique pour donner du sens à certaines expressions algébriques.

4 - Travailler sur les vérifications qui donnent du sens aux notions.

5 – Ne pas négliger le lien avec les formules.

6 – Ne pas négliger la notion de preuve en algèbre.

A partir de cette analyse du savoir, nous avons élaboré et réalisé dans une classe, cinq séances qui ont pour but de travailler plus particulièrement un des six principes ou d'en articuler plusieurs.

Chaque séance sera décrite, analysée et proposée sur un site pour les enseignants. Pour le moment le cadre de description est le suivant :

- Texte du problème
- But, objectif, lien avec les principes
- Mise en œuvre
- Analyse de cette activité
- Institutionnalisation possible
- Production des élèves

Dans un contexte de formation des professeurs, il nous semble tout à fait important d'explicitier toutes ces rubriques afin de donner aux professeurs des éléments pour mieux comprendre les choix faits, pour leur permettre de connaître et d'anticiper les réactions des élèves. Enfin nous privilégions l'articulation entre les phases de recherche et les phases d'institutionnalisation.

En conclusion, nous pensons que la collaboration entre des enseignants et des chercheurs nous paraît être un moyen efficace pour diffuser, à travers la formation, des résultats de la recherche vers l'enseignement mais aussi, en retour, cette collaboration permet d'élargir les questions posées à la recherche.

Du point de vue de la formation, nous pensons que les documents élaborés - par construction très différents de productions de recherche - sont de natures suffisamment variées pour permettre leur appropriation par les enseignants.

Bibliographie

- Beaufils, D., Blondel, F-M., Richoux, B. & Salvetat, C. (2002). La simulation en sciences physiques. *Les dossiers de l'ingénierie éducative*, n°40.
- Bélanger, M., Erwanger, S. (1983). Interpretation of the equal sign among elementary schoolchildren. Actes de PME n° 5.
- Black, P. (1998). Assessment by teachers and the improvement of students' learning. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 811-822). Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Black, P. (2000). Evaluation In TIBERGHIE, A., JOSSEM, L., BAROJAS, J. (Eds.) (Tiberghien, A, coordination de la traduction en français). Des résultats de la recherche en didactique de la physique à la formation des maîtres.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. Recherches en didactique des mathématiques. Vol 7/2. Grenoble : La Pensée Sauvage Editions.
- Chevallard, Y. (1985). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Première partie. Petit x n° 5: IREM de Grenoble.
- Chevallard, Y. (1989). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Deuxième partie. Petit x n° 19: IREM de Grenoble.
- Chevallard, Y. (1990). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Troisième partie. Petit x n° 30: IREM de Grenoble.
- Combiér, G., Pressiat A., Guillaume, J. C. (1996). Les débuts de l'algèbre au collège. Au pied de la lettre. INRP.
- Coppé, S., Chalancon, F., Pascal, N. (2002). Les vérifications dans les équations, inéquations et en calcul littéral. Petit x n°59. IREM de Grenoble
- Coppé, S. (1993). Processus de vérification en mathématiques chez les élèves de première scientifique en situation de devoir surveillé. Thèse de l'Université Claude Bernard. Lyon I.
- Coppé, S. (1998). Composantes privées et publiques du travail de l'élève en situation de devoir surveillé en mathématiques. Educational studies in mathematics. Vol 35 n° 2.
- Durand Guerrier, V., Le Berre, M., Pontille, M. C., Reynaud-Feurly, J. (2000). Le statut logique des énoncés dans la classe de mathématiques. *Eléments d'analyse pour les enseignants*. IREM de Lyon.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine, registres sémiotiques et apprentissage intellectuels [Semiosis and human thought, semiotic registers and intellectual leaning]*. Berne: Peter Lang.
- Gascon, J. (1994) un nouveau modèle de l'algèbre élémentaire comme alternative à l'algèbre généralisée. Petit x n° 37 : : IREM de Grenoble.
- Kaminski, W. (1991). Optique élémentaire en classe de quatrième : raisons et impact sur les maîtres d'une maquette d'enseignement. Unpublished Thèse, Université Paris 7, Paris.
- Kieran, C. (1990). Cognitive processes involved in learning school algebra. In Mathematics and cognition. A research synthesis by the international group for the psychology of mathematics education. P. Neshet et J. Kilpatrick Edits. Cambridge University Press.
- McDermott, L. C. (1996). *Physics by inquiry* (Vol. 1). New York: John Wiley and Sons.
- Schmidt, S. (1996). La résolution de problèmes, un lieu privilégié pour une articulation fructueuse entre arithmétique et algèbre. Revue des sciences de l'éducation. Vol XXII, n° 2. TIBERGHIE, A. (2000). "Designing teaching situations in the secondary school". In R. MILLAR, J. LEACH AND J. OSBORNE (Editors): *Improving science education: the contribution of research*. Buckingham, UK: Open University Press. pp. 27-47

Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics*, 48, 1020.

Trowbridge, D. E., & McDermott, L. C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49, 242.

Vergnaud, G., Cortes, A., Favre Artigue, P. (1987). Introduction de l'algèbre auprès de débutants faibles. Problèmes épistémologiques et didactiques. Didactique et acquisition de connaissances scientifiques. Grenoble : La Pensée sauvage.

Vergnaud, G. (1988). Long terme et court terme dans l'apprentissage de l'algèbre. In actes du colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique. Textes réunis par C. Laborde. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Vergnaud, G. (1989). Difficultés conceptuelles, erreurs didactiques et vrais obstacles épistémologiques dans l'apprentissage des mathématiques. In Construction des savoirs. Obstacles et conflits. N. Bednarz et C. Garnier Edits. CIRADE.

Viennot, L. (2001). *Relating research in didactics and actual teaching practice: impact and virtues of critical details*. Paper presented at the Science education research in the knowledge based society, Thessaloniki, Greece.