

Conférences plénières

Démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences et pragmatisme

Bernard Calmettes

*Gridife ERT 64 IUFM de Toulouse, École Interne de l'Université de Toulouse 2
DiDiST-CREFI-T, Université de Toulouse
bernard.calmettes@toulouse.iufm.fr*

RÉSUMÉ. L'objectif général de la conférence est de replacer les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences (DIES) dans le contexte des recherches internationales puis de tenter de répondre aux questions : comment des enseignants mettent-ils actuellement en œuvre de manière « ordinaire » une démarche d'investigation et comment justifient-ils leurs pratiques ? Les études réalisées à ce jour montrent d'une part une certaine variabilité dans l'organisation des séances en classe, variétés interindividuelles (d'un enseignant à un autre) ou/et intra-individuelles (d'une classe à une autre).

Un cadre théorique d'origine pragmatique (philosophie et sociologie contemporaines) permet d'investir et d'analyser les discours des enseignants relativement au déroulement des situations et ainsi de comprendre ce qui fait sens à leurs actions en classe. Ce cadre théorique prend pour principes de base que ceux qui possèdent les compétences pour vivre et agir dans la classe sont les enseignants et qu'il convient de prendre au sérieux, et sans les juger ou les évaluer, les justifications qu'ils donnent de leurs pratiques. Le chercheur n'intervient donc qu'en deuxième temps pour modéliser ces justifications en regard de références utilisées de manière classique en didactique : épistémologie des sciences, gestion de l'étude en classe (que font et qu'enseignent les professeurs ? Que font et qu'apprennent les élèves ?), cadres institutionnels et instructions officielles. La modélisation de ces justifications constitue un « rapport pragmatique à l'enseigner » (RPE)

Les résultats montrent que les situations de DIES peuvent être considérées comme des compromis entre des intérêts perçus par l'enseignant pour lui et pour les élèves et des contraintes institutionnelles (durée des séances, poids de l'évaluation, enjeux liés aux contrats avec l'inspection pédagogique...).

MOTS-CLÉS : recherche sur l'éducation scientifique, démarche d'investigation pour l'enseignement des sciences, analyse pragmatique des pratiques, recherches comparatistes

KEYWORDS : research on science education, inquiry-based science education, pragmatism analysis of practice, comparative researches

Introduction

C'est évidemment un défi que d'ouvrir des journées d'étude portant sur les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences, et ce pour plusieurs raisons. D'abord, les démarches d'investigation peuvent encore, telles que définies ainsi dans les textes officiels, être qualifiées de *nouveauté* ; du moins au niveau du second cycle d'enseignement en France ; leur actualité est donc vivante et leur développement toujours en question. Ensuite, ces démarches semblent *déborder* aujourd'hui les disciplines scientifiques puisque certains rapports des IGEN disciplinaires évoquent des possibilités d'utilisation dans leurs disciplines, par exemple en histoire et géographie (MEN, 2005). Il y aurait alors nécessité de s'interroger sur les généralités de ces démarches et sur ses spécificités au regard des disciplines. Ces démarches ou leurs voisines, à l'étranger comme en France, sont très discutées, suivies par les institutions et les instances internationales. Il est possible de consulter par exemple à ce sujet quelques rapports européens (Eurydice, 2006 ; Hemmo, 2007) et américains (National Research Council, 2000). Enfin, les démarches d'investigation font l'objet de recherches dans les didactiques disciplinaires et en sciences de l'éducation.

C'est ce dernier point que je vais développer en présentant d'abord un tour d'horizon, non exhaustif, des questions vives abordées dans la recherche en éducation scientifique puis en abordant, à travers un exposé de quelques résultats relatifs à mes travaux, une de ces questions : comment les enseignants mettent en œuvre les démarches d'investigations en science dans leurs classes ?

1. Questions vives dans les recherches en didactique sur les DIES

J'ai notamment utilisé pour construire cette partie de mon exposé un ouvrage de référence, une version récente du *Handbook of research on science education* (Abell & Lederman, 2007), compilation d'articles dont les auteurs appartiennent à la communauté internationale. Cet ouvrage est dirigé par deux chercheurs depuis longtemps engagés dans les recherches sur les méthodes d'enseignement et sur l'apprentissage en sciences. J'ai choisi de présenter quelques questions vives à partir des caractéristiques des recherches : « sur » l'enseignement, « pour » l'enseignement, « sur », « pour » et « avec » l'enseignement.

1.1. Des recherches « sur » l'enseignement

Ces travaux portent sur les situations de classe et les pratiques des enseignants, sur les apprentissages des élèves, en cherchant à décrire, à comprendre, à produire du sens, à partir d'un outillage conceptuel préexistant et en prenant en compte les prescriptions officielles. C'est un regard des chercheurs sur les DIES.

1.1.1. Le caractère scientifique des DIES

Une des questions importantes abordées se rapporte au caractère scientifique des DIES et à l'éventuelle transposition d'éléments de pratiques de scientifiques. Je fais ici particulièrement référence à un article écrit de manière conjointe par des chercheurs étatsuniens et israéliens (Lunetta *et al.*, 2007). Les auteurs ont comparé les activités, les types de connaissances et les pratiques des chercheurs dans leur laboratoire, et les correspondants pour des élèves en classe de science, selon différents items. Je complète au fur et à mesure par des références à des travaux français et par des réflexions personnelles.

Il peut y avoir des problématiques communes au monde des chercheurs et à celui de la DIES, par exemple en ce qui concerne le caractère évolutif des connaissances, l'utilisation de processus expérimentaux, celle de documents qui peuvent même être quasi-identiques (images satellitaires, spectres d'étoiles), la mise en œuvre d'outils de simulation informatique, la *naturalisation* scientifique : construction d'un objet par abstraction du réel (chute sans frottement, conducteurs électriques sans résistance), la modélisation et ses limites, mais de nombreuses contraintes au niveau de l'enseignement rendent difficile une transposition, par exemple en ce qui concerne les recherches bibliographiques, les niveaux de formulation et de mathématisation, la nature des problèmes (recherche de pointe en laboratoire, travail sur des lois et des modèles généraux et simplifiés en classe) et la sophistication des moyens d'observation et de mesure.

Par ailleurs, l'activité d'investigation des élèves en milieu scolaire est :

- Très limitée dans le temps, structurée par la durée des séances (1 heure, 1 heure 30) ;
- Contrainte par des matériels spécifiques (didactisation) ;
- Contrainte par des programmes ;
- Généralisatrice rapidement : des lois à portée universelle sont formulées à partir de peu de cas expérimentaux ;
- Souvent linéaire voire partielle en France (MEN, 2007), le passage par tous les moments de la DIES n'étant pas systématique ;
- Aidée par l'enseignant (ostension, Bosch et Chevallard, 1999) ;
- Placée dans des relations sociales spécifiques : les relations entre professeur et élèves sont différentes de celles entre des chercheurs.

Les élèves découvrent un savoir préétabli alors qu'un chercheur ne sait même pas *a priori*, au début du processus de recherche, s'il va *trouver*, ni même ce qu'il va éventuellement inventer. De plus, la DIES est souvent structurée, au moins en partie par les procédés ostensifs, par des *indices* (phénomène étudié par le didacticien et épistémologue des sciences, Marc Zarrouati, [2009]) qui peuvent laisser penser que les activités pourraient être comparées à des enquêtes plutôt qu'à des recherches de scientifiques. L'indice a épistémologiquement, et dans le cadre scolaire, deux valeurs. D'une part, il indique que quelque chose ou quelqu'un a laissé des traces, une signature... et qu'il y a donc un *trésor* – la connaissance

scientifique – enfoui et qu'il faudrait le faire émerger, le faire (re)naître. Mais qui dans la nature étudiée par les scientifiques laisserait des traces ? La nature serait-elle pré-écrite et lisible à partir d'indices disséminés ? Ces indices préexistent-ils à une activité de scientifiques en laboratoire ? Non. Il convient également de noter que l'indice est réducteur du milieu didactique, et donc de la problématisation et de l'espace d'apprentissage. Dès lors, l'activité de laboratoire en contexte scolaire paraît trop limitée pour que les élèves puissent avoir réellement accès aux pratiques des scientifiques.

Lunetta *et al.* (2007) proposent alors de travailler avec les élèves, les savoirs scientifiques mais aussi des questions d'ordre historique et épistémologique : nature de la science, construction des savoirs, statut des modèles, de l'expérience et des théories.

1.1.2. L'engagement des élèves dans les activités, le poids de l'évaluation

L'engagement, la motivation et l'intérêt des élèves, le rapport à la physique en relation avec la question du genre sont étudiés en Allemagne par Duit *et al.* (2007). Leurs résultats indiquent que : « Parmi les disciplines scientifiques, la physique est clairement un domaine qui est perçu au plus bas niveau d'intérêt par les étudiants [...] C'est particulièrement vrai pour les filles. »

Les représentations des enseignants et des élèves sur la nature de la science, la science et ses *racines* (histoire, épistémologie, philosophie), la place de l'évaluation sont étudiés et mis en corrélation par Minner *et al.* (2009). Selon ces auteurs, « les stratégies des enseignants pour engager de manière active les étudiants dans le processus d'apprentissage à travers les investigations scientifiques ont essentiellement pour objectif la connaissance des concepts plutôt que celles des stratégies reposant sur la compréhension et l'utilisation de techniques [...] ; la connaissance des concepts étant souvent nécessaire pour l'évaluation standardisée qui plombe l'environnement de l'éducation ».

1.2. Des recherches « pour » l'enseignement

L'orientation de ces recherches est praxéologique. Elles peuvent avoir pour objectif de relever dans des situations évaluées comme efficaces un certain nombre de régularités à partir desquelles il pourrait être envisagé de reproduire des séances. De manière plus large, ces études peuvent viser les constructions et les productions des programmes, des standards, des curriculums.

Les questions vives ont trait à la formation des enseignants et aux décalages :

- Entre les préoccupations culturelles des sciences notamment véhiculées par les médias (Internet, programmes télévisés scientifiques, revues spécialisées) et les contenus abordés dans l'enseignement scientifique ;
- Entre les prescriptions institutionnelles et les séances en classe.

Et elles peuvent, dans certains pays – ceux où les résultats de la recherche sont pris en considération – conduire à des recommandations données aux décideurs.

1.3. Des recherches « sur », « pour » et « avec » l'enseignement

Certaines recherches peuvent viser la coproduction de séances d'investigation, c'est-à-dire à co-élaborer, « avec » enseignants et chercheurs en éducation ou/et en sciences (Panissal *et al.*, 2010), des séances de classe, à les mettre en œuvre (« pour ») et à les analyser (« sur »).

Ces travaux peuvent aussi avoir pour objectif de développer des concepts, des méthodologies, des théories didactiques. C'est dans ce cadre que je situe mes travaux actuels qui font l'objet de la suite de cette conférence.

2. Une analyse pragmatique de situations et de pratiques ordinaires

2.1. Des pratiques et des situations ordinaires

Les séances, les situations et les pratiques de DIES étudiées sont qualifiées ici d'*ordinaires* dans la mesure où à aucun moment le chercheur n'intervient dans la construction des dispositifs et dans les mises en œuvre en classe. Il ne s'agit pas de proposer en retour des activités pour la classe ou pour la formation.

Le but des recherches était, dans un premier temps, la caractérisation des DIES, en référence à des cadres épistémologiques (Comment on peut construire des concepts en classe ? Les DIES comme transposition didactique d'activités de scientifiques ?), de gestion de la classe (que font les enseignants et les élèves ?), de situations problèmes (relation au constructivisme et au socioconstructivisme).

2.2. Premiers résultats

Deux principaux constats ont été posés (Calmettes, 2009) :

- D'une part, il est possible de mettre en évidence une grande variabilité dans les déroulements des séances, variabilité interindividuelle, ou intra-individuelle lorsqu'un enseignant est censé répéter, d'un groupe à l'autre, la même séance ;

- D'autre part, l'observation montre des écarts entre les analyses a priori des didacticiens, les prescriptions institutionnelles, ce qui est prévu et ce qui est réalisé, avec notamment une extrême sensibilité voire une instabilité situationnelle face aux imprévus et incidents didactiques (Bénaïoun, 2009) : problème de matériel, conceptions erronées, hypothèses inattendues, etc.

Pour dépasser ces premiers constats, les travaux ont été réorientés de manière à comprendre plus précisément les jeux et les enjeux de pouvoir et de savoir en construisant un cadre théorique et méthodologique original.

2.3. Analyse pragmatique ; rapport pragmatique à l'enseigner

Le cadre théorique d'analyse est qualifié de *pragmatique* (Calmettes, 2011) car il repose sur des principes issus de la philosophie pragmatique (Cometti, 2010 ; Rorty, 1994) et de la sociologie pragmatique contemporaines (Boltanski et Thévenot, 1991). Ces principes, relativement à une étude des pratiques enseignantes, peuvent être déclinés ainsi :

- Ceux qui possèdent les compétences pour vivre et pour agir dans la classe sont les enseignants ;
- Les enseignants sont capables de justifier a posteriori, lors d'entretiens, ce qui s'est passé dans la classe, leurs actions, celles des élèves ;
- Le chercheur observe et analyse les séances de son propre point de vue, sans intervenir pendant les séances, à partir de ses références ;
- Le travail du chercheur consiste en la modélisation des justifications, en la construction d'idéaltypes des discours de justification.

Ces idéaltypes consistent à repérer les éléments de discours sur différents axes :

- Celui des références épistémologiques : construction des savoirs dans la classe, place des démarches, structuration des savoirs, concepts, modèles et langages ;
- Celui des références aux modalités de gestion de la classe du point de vue de ces savoirs : gestion de l'étude, gestion de l'évolution des connaissances, gestion des interactions, gestion des conceptions et des hypothèses, gestion du temps ;
- Celui des références institutionnelles : instructions et prescriptions nationales et locales (inspections pédagogiques), contraintes matérielles et temporelles (inscription de la séance dans un cadre d'établissement).

Ces idéaltypes sont des modèles. Ils ne correspondent pas a priori à un discours ou à un enseignant en particulier, ni à une catégorie d'enseignants. L'ensemble des justifications est appelé, en référence au cadre théorique et à la méthodologie d'analyse utilisés un rapport pragmatique à l'enseigner (RPE). Pour les analyses des situations et des pratiques, ce sont des concepts de didactique qui sont utilisés : *tâche* et de *technique* (Chevallard, 1997 ; 1999) et *milieu didactique* (Brousseau, 1986).

Il convient ici de différencier, dans les analyses, le milieu didactique de l'élève et celui de l'enseignant (Bloch, 1999).

2.4. Principaux résultats

Les trois enseignants dont les pratiques ont été étudiées, peuvent être qualifiés, d'*experts* (Tochon, 1993). Ils sont expérimentés, travaillent en collège (comme enseignants) et en IUFM (comme formateurs), et ils sont largement impliqués dans des recherches-actions et des projets en formation continue par les inspecteurs régionaux. Les séances sont relatives au programme en électricité en collège ; le nombre total de ces séances est de dix. Je fais part ici seulement des justifications

données par les enseignants relativement au déroulement, tel qu'ils l'ont perçu, de la séance, de manière à caractériser le RPE. Sont notés dans ce qui suit, des extraits d'entretiens, entre guillemets.

2.4.1. Suivant l'axe des références épistémologiques

- La DIES permet de travailler et d'investir à la fois des savoirs scientifiques et méthodologiques :

- La DIES se déroule suivant des étapes et un ordre bien déterminés ;
- La DIES commence par une question, continue par des réflexions, des hypothèses données par les élèves, avant toute observation et toute expérience ;
- Les expériences permettent essentiellement de valider les bonnes hypothèses, les mauvaises sont alors éliminées ;
- C'est l'enseignant qui a le rôle principal dans les moments de structuration des milieux pour l'élève et des savoirs et il est important de conclure pendant la séance ;
- L'enseignant cherche, dans les interactions langagières, à *coups de « pourquoi »* à faire parler, reformuler, les élèves de manière *scientifique et rigoureuse*.

2.4.2. Suivant l'axe relatif à la gestion de l'étude

L'enseignant a un objectif et il y tient. Il s'agit de « garder le fil du savoir » et donc de ne pas perdre de vue ce que les élèves doivent apprendre, en réduisant le milieu didactique pour les élèves de manière progressive, de « reprendre la main pour dire ou faire dire ce qui est important ». La gestion du temps est stricte, proche de la prévision : « Il faut avancer [...] quitte à parfois influencer les élèves ».

Les séances sont scandées au rythme des étapes fixées en s'appuyant sur les opportunités qui émergent pendant la séance : « réussite de certains élèves », « limitation du nombre d'hypothèses », « rappel de connaissances antérieures », « reprise en main immédiate en cas d'imprévu », tout en essayant, pendant les étapes de recherche de « mobiliser les élèves en difficulté » et de « recadrer régulièrement leurs activités ».

2.4.3. Suivant l'axe relatif aux cadres institutionnels

- Il existe des éléments communs entre DIES (IO) et DIES en classe ;
- Il y a adaptation relative de la durée des étapes en fonction de la durée des séances et du milieu didactique, en fonction du niveau général d'une classe ;
- On note la nécessité pour les enseignants de produire des « outils pour la classe » en vue de leurs utilisations en formation et dans les recherches-actions.

2.4.4. Remarques

Ces recherches mettent aussi en évidence, au regard de ce que les enseignants disent souhaiter, des contraintes fortes sur la DIES. En effet pour eux, il est important, dans une séance, et pour des raisons de cohérence scientifique, d'une part de rester rigoureux (au niveau du langage notamment) et de passer par les différents moments (MEN, 2005 ; 2007) et donc de ne négliger ni la problématisation, ni la formulation d'hypothèses, ni l'expérimentation, ni la structuration finale.

Dès lors, les enseignants disent être amenés à aller « beaucoup trop vite » au niveau des interactions, du traitement des conceptions erronées et du suivi des élèves en difficulté, de la réflexion sur la construction des connaissances en sciences (aspects méthodologiques et expérimentaux, interprétations et limites des lois). Ils disent regretter de ne pouvoir développer ces aspects qui pourraient conduire les élèves à davantage s'impliquer dans les activités.

J'analyse aussi ces aspects comme mettant en évidence des différences notables entre le rapport pragmatique à l'enseigner (relatif aux justifications de ce qui est fait en classe, dans un contexte donné) et le rapport au savoir professionnel qui serait davantage relatif à ce qu'il serait souhaitable de faire (d'une manière plus générale), selon ces enseignants.

Finalement, les justifications s'éprouvent en classe, pour les enseignants, comme le meilleur compromis possible entre :

- Les intérêts de l'enseignant, au regard notamment des savoirs, des méthodes et des valeurs qu'il souhaiterait transmettre aux élèves ;
- Les intérêts des élèves, au regard de ce qui est jugé important par le biais des programmes et donc par les évaluations ;
- Le caractère scientifique d'une DIES, c'est-à-dire l'aménagement d'une certaine proximité de ces démarches avec des éléments de pratiques de scientifiques ;
- Ses engagements institutionnels, en formations initiale et continue auprès d'autres enseignants, et auprès de l'inspection pédagogique régionale.

D'autres idéaltypes (d'autres RPE) ont été caractérisés (cf. Calmettes, 2010).

3. Conclusion et perspectives

Les DIES et les recherches en didactique sur les DIES sont extrêmement variées et amènent aujourd'hui à d'importantes questions touchant au cœur des possibles en termes de développement de ce type d'activités en classe. De manière synthétique, je dirai que la première problématique est globale, elle se rapporte à la définition des DIES et à leur portée.

Développer la DIES, c'est certainement d'un point de vue institutionnel veiller à une redéfinition des contenus des programmes et des évaluations, à une redéfinition de la DIES elle-même en précisant les moments où elle paraît indispensable ou au

moins nécessaire. Il me semble que c'est notamment le cas par exemple dans les activités de construction des modèles et des lois en physique.

La deuxième problématique se rapporte aux enjeux de la DIES localement, en classe ; elle vise l'intérêt des élèves. Je souhaite mettre cette problématique en perspective avec des études récentes (Venturini, 2007). Si l'on veut développer chez les élèves l'envie d'apprendre et d'étudier les sciences, il faut modifier leur rapport au savoir scientifique. Les DIES peuvent y participer. Pour cela, il convient de :

- Mettre la question du sens au centre des activités proposées à l'école : signification des concepts et des démarches, contextualisation (application, questions de société) ;
- Rendre l'élève davantage acteur de sa formation, expérimenter mais aussi échanger (oral), sans systématiser les traces écrites et le contrôle ;
- Développer des activités de collaboration entre élèves et de médiation entre enseignant et élèves ;
- Aider les élèves à réussir.

Actuellement, se pose la question de ce qui est fait au regard de ce qui serait souhaitable et que je viens d'évoquer. Les séances ordinaires de classe avec DIES peuvent-elles être pensées comme des activités « empêchées » ou « contrariées » (Monnier & Amade-Escot, 2009) ?

Le maintien du fil du savoir, la prise en compte des contraintes matérielles et temporelles, le *topos* surplombant de l'enseignant, les dispositifs d'évaluation conduisent en effet trop souvent à un affaiblissement de la construction des savoirs disciplinaires et des démarches au bénéfice d'une transmission plus directive des savoirs à évaluer. Sur les cas que j'ai présentés, on a particulièrement noté l'abandon des possibles en termes de modification des représentations (conceptions erronées) et du rapport à l'activité scientifique.

Développer la DIES, ce serait donc armer les enseignants par des formations en épistémologie, en histoire des sciences et à propos des modalités possibles de gestion de l'étude et des milieux ; et ce serait aussi favoriser sur le long terme la coopération entre chercheurs en didactique et enseignants pour construire, réaliser et analyser des séances en classe. Mais rien ne sera fait à grande échelle de manière réellement efficace si les institutions ne participent pas à ce travail de refondation des DIES.

4. Bibliographie

- Abell, S. K. & Lederman, N. G. (dir.) (2007). *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey, USA : LEA Associates.
- Bénaouioun-Ramirez, N. (2009). *Faire avec les imprévus en classe*. Lyon : Chronique Sociale.

- Bloch, I. (1999). L'articulation du travail mathématique du professeur et de l'élève dans l'enseignement de l'analyse en 1^{re} S ; détermination d'un milieu ; connaissances et savoirs. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19-2, p. 135-193.
- Boltanski, L. & Thévenot, L. (1991). *De la justification. Les économies de la grandeur*. Paris : Gallimard.
- Bosch, M. & Chevallard, Y. (1999). Ostensifs et sensibilité aux ostensifs dans l'enseignement mathématique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19-1, p. 77-123.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7-2, p. 33-115.
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. Des textes officiels aux pratiques de classe. *Spirale*, 43, p. 139-149.
- Calmettes, B. (2010). Analyse didactique pragmatique en démarche d'investigation en physique. Communication dans le symposium B. Calmettes, & J.-M. Boilevin, « Les démarches d'investigations dans les disciplines scientifiques et technologiques ». *Actes du colloque international de l'AREF*. Genève : Universités.
- Calmettes, B. (2011, à paraître). Analyse pragmatique de pratiques ordinaire. Rapport pragmatique à l'enseigner. *Revue de Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 2.
- Chevallard, Y. (1997). Familière et problématique, la figure du professeur. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 17-3, p. 17-54.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19-2, 2, p. 222-265.
- Cometti, J.-P. (2010). *Qu'est-ce que le pragmatisme ?* Paris : Gallimard, Folio Essais, 535.
- Duit, R., Niedderer, H., Schecker, H. (2007). Teaching Physics. In S. K. Abell, & N. G. Lederman (dir.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey, USA : LEA Associates, p. 599-629.
- Eurydice. (2006). *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. États des lieux des politiques et de la recherche*. Bruxelles : Direction Générale de l'Éducation et de la Culture. Commission européenne.
- Hemmo, V. (2007). *L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. Commission Européenne. Direction de la Recherche.
- High Level Group (2007). *Science Education now : a renewed pedagogy for future of Europe*. Commission Européenne. Direction de la Recherche.
- Lunetta, V.N., Hofstein, A., Clough, M.P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice In S. K. Abell. & N. G. Lederman (dir.). *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey, USA : LEA Associates. p. 393-441.
- MEN (2005). Rapport de l'Inspection Générale, octobre 2005. <ftp://trf.education.gouv.fr/pub/edutel/syst/igen/rapports/sciencesTechnoHistGeo.pdf>

- National Research Council (2000). Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington, D.C. : National Academy Press. www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962
- MEN (2006). L'enseignement de la physique et de la chimie au collège. *Rapport de l'Inspection Générale de Physique et Chimie*, n° 2006-091, novembre 2006.
- MEN (2007). Physique-chimie. Introduction générale pour le Collège. Contribution de la physique-chimie à l'acquisition d'une culture scientifique et technologique. BOEN hors série n° 6 du 19 avril 2007, annexe 4, p. 109-110.
- Minner, D., Lévy, A., Century, J. (2009). Inquiry-Based Science Instruction — What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal Of Research in Science Teaching*, 47, p. 474-496.
- Monnier, N. & Amade-Escot, C. (2009). L'activité didactique empêchée : un outil d'intelligibilité des pratiques enseignantes en milieu difficile. *Revue Française de Pédagogie*, 168, p. 59-73.
- Panissal, N., Brossais, E., Vieu, C. (2010). Les nanotechnologies au lycée, une ingénierie d'éducation citoyenne aux sciences. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 1, p. 319-338.
- Rorty, R. (1994). *Objectivisme, relativisme et vérité*. Paris : PUF.
- Tochon, F. V. (1993). *L'enseignant expert*. Paris : Nathan Pédagogie.
- Venturini, P. (2007) *L'envie d'apprendre les sciences*. Paris : Fabert.
- Zarrouati (2009). Indices et démarche d'investigation. *Journées Internationales d'Études des 18 et 19 juin 2009*. Toulouse : Gridife, ERT 64. IUFM Midi-Pyrénées. Non publié.

La « démarche d'investigation » dans les collèges français

Démarche d'investigation et formation

Cécile de Hosson, Stéphanie Mathé, Martine Méheut

Laboratoire de didactique André Revuz
Université Paris Diderot-Paris 7
Bâtiment Condorcet, 8^e étage, Courrier 7086
4, rue Elsa Morante
75205 Paris CEDEX 13
cecile.dehosson@univ-paris-diderot.fr

RÉSUMÉ. Dans cet article, nous présentons différents aspects d'un travail de thèse soutenue en juin 2010 ayant pour objet l'élaboration et l'évaluation d'un dispositif de formation visant l'appropriation par des enseignants de la « démarche d'investigation », apparue en 2005 dans les programmes de collège français. Les résultats issus de la recherche en didactique professionnelle et portant sur l'impact des « textes prescripteurs » en situation d'exécution nous ont permis de penser une formation se donnant pour but de réduire l'écart entre les intentions programmes et la perception qu'en ont les enseignants. La construction du dispositif de formation repose sur une étude en deux étapes. La première, de nature épistémologique, présente « la démarche d'investigation » telle que préconisée par les programmes scolaires français comme un objet particulier donnant de l'activité scientifique une image restreinte liée à la résolution de problème. La seconde, de nature didactique, consiste en l'analyse de fiches de préparation de séquences d'investigation et met en évidence des démarches plus variées dans lesquelles les notions de « conceptions » et « d'hypothèses » apparaissent peu fréquentes et/ou peu appropriées. La formation mise en place est construite autour de ces notions. L'analyse de questionnaires et d'enregistrements audio d'une séance de travail en groupes consacrée à l'élaboration d'une séquence d'investigation nous permettent de mesurer l'impact de « l'intervention formatrice » sur le rapport des enseignants formés aux notions abordées, à fois en termes de savoirs théoriques et de savoir-faire associés aux notions de conceptions et de démarche hypothético-déductives.

MOTS-CLÉS : démarche d'investigation, hypothèse, conceptions des élèves, enseignants, formation

KEYWORDS : inquiry-based teaching, hypothesis, pupils' conceptions, teachers, training

Introduction

La « démarche d'investigation » (DI), objet d'enseignement apparu pour la première fois dans les programmes de collège français en 2005, est le reflet d'une volonté partagée par un grand nombre de pays dans le monde d'offrir aux élèves une image plus conforme de l'activité scientifique et de leur proposer des tâches plus ouvertes et moins guidées au sein desquelles l'expérimentation occupe une place prépondérante. La DI est présentée depuis 2005 sous la forme d'un « canevas » de sept étapes structuré autour de l'idée de « situation-problème » (Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008). De manière plus explicite, les programmes précisent que la situation-problème doit être élaborée par l'enseignant à partir de l'analyse de plusieurs éléments tels que les savoirs visés, les acquis initiaux des élèves et les obstacles cognitifs. La résolution du problème à résoudre est laissée à la charge des élèves qui sont invités à formuler des hypothèses et à élaborer des protocoles expérimentaux afin de tester leurs hypothèses par l'expérience. Ainsi posée, la DI s'affiche dans les programmes de sciences de collège comme une modalité d'enseignement des sciences fondée sur la résolution de problèmes par franchissement d'obstacles cognitifs. Elle présente de l'activité de construction du savoir scientifique une image singulière, et place le problème scientifique dans le champ des « anomalies » conservant ainsi la connotation négative héritée du langage courant. On retrouve ici les traits d'une épistémologie « bachelardienne » dans laquelle le problème à résoudre apparaît comme une anomalie au regard de ce qui est attendu (Mathé *et al.* 2008). Dans ce contexte, le rôle de l'enseignant n'est plus tant de présenter aux élèves les résultats de la science que de proposer des problèmes dont le traitement sera l'occasion d'apprentissages de concepts et de savoir-faire dans un cadre que l'on voudrait davantage socioconstructiviste. En outre, la formulation d'une situation-problème, telle qu'elle se voit définie dans les programmes, suppose que les enseignants connaissent les idées des élèves risquant de faire obstacle à l'apprentissage dans différents domaines des sciences physiques et qu'ils soient capables de les exploiter pour élaborer des problèmes adéquats.

1. Une formation pour favoriser le dialogue entre les textes des programmes et les enseignants : problématique et questions de recherche

Depuis 2005, plusieurs études se sont développées dans le but de caractériser la façon dont les enseignants de sciences de collège se sont approprié la DI. Les travaux de Calmettes ont mis en évidence des écarts et des tensions entre la façon dont la DI s'incarne dans les classes de sciences physiques et la façon dont elle s'exprime à travers la demande institutionnelle. Selon Calmettes, il existe une certaine variabilité dans la mise en œuvre de la DI au sein des pratiques ordinaires d'enseignement (Calmettes 2009). Nous avons relevé une variabilité semblable lors de l'analyse de fiches de préparation d'enseignants labélisées « démarche d'investigation » mises à disposition sur le portail de huit académies différentes et

dans lesquelles les notions d'obstacles cognitifs et d'hypothèses apparaissent peu fréquentes et/ou peu appropriées, et où l'idée de situation-problème (Robardet 2001) se voyait dissoute au sein d'un espace de contextualisation créé par les enseignants et absent des programmes : la « situation de départ » (Mathé *et al.* 2008). Celle-ci est le lieu de petites anecdotes conçues pour introduire de manière ludique le parcours proposé aux élèves. L'analyse de ces situations montre qu'elles participent rarement à l'émergence d'un problème scientifique à résoudre.

De telles tendances nous permettent de penser que les intentions des auteurs des programmes n'ont pas été directement perçues par les enseignants qui agissent en « transformateurs d'intentions didactiques » (Hirn 1995), non seulement parce que les innovations institutionnelles viennent s'inscrire dans des modes de pensées, une épistémologie, et des pratiques bien installés, mais aussi parce que les « repères conceptuels » (Mayen & Savoyant 2002) qui pourraient leur permettre de s'orienter dans leur activité, sont absents des programmes : la DI est ainsi construite autour de plusieurs notions clés (conceptions, obstacles cognitifs, hypothèses) qui ne sont pas définies et pas davantage illustrées.

C'est pour réduire l'écart entre les prescriptions institutionnelles et les pratiques des enseignants que nous avons conçu notre formation.

En prenant la démarche d'investigation comme un objet de formation, c'est-à-dire « pas seulement un contenu à enseigner, [...] mais comme un objet à travailler » (Mayen & Savoyant, 2002, p. 227), nous avons cherché à établir un « dialogue » entre les auteurs des programmes et les enseignants grâce à une intervention formatrice. L'impact de cette intervention a été mesuré à travers l'analyse de l'évolution des connaissances et des discours des enseignants formés sur quelques aspects de la DI telle qu'elle apparaît dans les programmes, analyse que nous avons menée à partir des questions de recherche suivantes :

(1) Comment ont évolué, au cours de la formation, l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, des notions de « conception », d'« obstacle cognitif » ?

(2) Comment ont évolué, au cours de la formation, l'appropriation et la mobilisation, par les enseignants, de la notion de démarche hypothético-déductive ?

(3) Quels autres aspects de la démarche d'investigation ont attiré l'attention des enseignants ?

(4) Quelles stratégies les enseignants mettent-ils en place pour concilier les exigences des programmes et les contraintes de terrain ?

Dans ce texte, nous présenterons uniquement quelques éléments de réponses à la première et à la quatrième question. Pour une analyse complète, nous renvoyons le lecteur à Mathé (2010).

2. Définition d'un cadre d'élaboration de la formation

La formation, d'une durée de 12 heures, s'est déroulée pendant l'année scolaire 2008-2009 dans le cadre du Plan Académique de Formation. Elle a concerné 20 enseignants issus de deux académies différentes. Inscrite dans le champ de la Théorie Anthropologique du Didactique (Chevallard 1999), cette formation avait pour but l'appropriation, par les enseignants formés, de savoir-faire (type de tâches et techniques utilisées pour la réalisation des tâches) et de savoirs (théories justifiant les techniques) associés aux notions d'obstacle cognitif, de conception et de situation-problème (voir tableau 1).

Objectifs	Type de tâche
<p>J1 Caractérisation de la façon dont les enseignants se sont approprié la DI.</p>	<p>J1 Questionnaire initial : les stagiaires expriment leurs idées sur la DI (traits spécifiques, difficultés de mises en œuvres, exemples).</p>
<p>J1 Explicitation des programmes autour des notions d'obstacles cognitifs, de conception et de situation-problème.</p> <p>Savoirs visés : J1 Savoir ce qu'est une conception/Distinguer conception, difficulté récurrente, réponse d'élève à une question.</p> <p>Savoir-faire associés : J1 Savoir repérer une conception J2 Savoir construire un problème en référence à une conception identifiée ou connue.</p>	<p>J1 Apports didactiques sur les conceptions + exemples de conceptions associées aux savoirs en jeu dans les programmes de 5^e et 4^e.</p> <p>J1 Questionnaire « conceptions » : les stagiaires disposent d'un questionnaire didactique visant l'identification des conceptions des élèves à propos de transformations chimiques. Ils doivent identifier les conceptions initiales des élèves et les difficultés qu'ils peuvent rencontrer dans la mise en pratique de ce thème.</p> <p>J2 Enregistrement audio d'une séance de travail consacrée à l'élaboration d'une situation problème par petits groupes d'enseignants, puis recueil des travaux.</p>

Tableau 1 : *Présentation des savoirs et des savoir-faire abordés lors des journées J1 et J2 de la formation*

Comme annoncé précédemment, nous nous intéressons ici uniquement à l'évolution du rapport des enseignants formés aux notions d'obstacle cognitif et de conception en termes de savoir et de savoir-faire.

L'établissement du dialogue que nous ambitionnions visait à rendre les enseignants aptes à prendre en compte des conceptions d'élèves pour formuler un problème qui favorise leur dépassement et qui permette la mise en œuvre, par les élèves eux-mêmes, d'une démarche hypothético-déductive. La journée 1 était centrée sur les apports théoriques et sur la réalisation d'une tâche d'entraînement visant l'identification et la caractérisation de conceptions d'élèves à partir d'un questionnaire de type didactique. La journée 2 avait pour but l'élaboration d'une séquence d'investigation qui allait être discutée lors de la journée 3 après mise en place de la séquence en situation réelle de classe.

Précisons que la notion de conception a été présentée aux enseignants formés comme une forme de raisonnement ou une connaissance permettant à l'élève d'expliquer et de prévoir de manière opérationnelle un certain nombre d'observations. Il leur a également été rappelé qu'il s'agit d'une construction *a posteriori* du chercheur (en didactique des sciences par exemple). Notre intention n'était pas de proposer une définition de la notion de conception, mais de permettre aux enseignants de comprendre les raisons d'un certain nombre de réponses qu'ils voient s'exprimer dans leur classe. Il s'agissait également de leur faire prendre conscience du fait que certaines de ces réponses, bien que non conformes à celles apportées par les sciences physiques, sont souvent sous-tendues par des raisonnements d'une telle cohérence qu'ils résistent à l'appropriation de savoirs alternatifs ; des réponses sous-tendues par un raisonnement de type « linéaire causal » ont ainsi été présentées en électrocinétique.

3. Méthodologie de recueil et d'analyse des données

Les apports de la formation en termes de savoir-faire liés aux notions d'obstacles cognitifs et de conceptions ont été évalués à travers l'évolution du discours des enseignants au cours des différentes étapes de la formation, notamment à partir des réponses aux questionnaires (voir tableau 1), et des transcriptions d'enregistrements audio réalisés lors de la journée 2.

Cette dernière est venue s'appuyer sur le découpage du *verbatim* des enseignants en « unités de signification » (Bardin, 1977), c'est-à-dire en autant d'unités que l'on a pu déceler à chaque transition thématique identifiée lors de la lecture des transcriptions. Ceci nous a permis de reconstruire le discours des enseignants formés sur des notions telles que celle de « conception », d'en dégager les traits principaux afin de les mettre en perspective avec les opinions recueillies grâce au questionnaire initial (tableau 1). Nous avons ainsi supposé que le discours des enseignants au cours de l'étape d'élaboration d'une séquence d'investigation (journée 2) était marqué à la fois par les apports théoriques et par une tâche d'entraînement consistant en un repérage de conceptions à partir de réponses d'élèves à un questionnaire conçu par des chercheurs en didactique.

Ce questionnaire avait pour but de révéler les types de raisonnement mis en œuvre pour expliquer quelques conséquences de la transformation chimique résultant d'un mélange de zinc métallique et d'acide chlorhydrique en solution (amincissement de la lame de zinc, formation de dihydrogène, évolution de la quantité d'acide, arrêt de la transformation). La façon dont les enseignants pouvaient approcher les réponses des élèves a été caractérisée selon trois niveaux hiérarchiques distincts (voir tableau 2). À chaque niveau était associée une unité de signification correspondant, dans la plupart des cas, à une tentative d'interprétation, par l'enseignant, des réponses des élèves en termes de conceptions ou de raisonnements sous-jacents.

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
L'élément de réponse de l'enseignant porte sur les lacunes ou les incompréhensions de l'élève quant au concept qui lui aurait permis de répondre correctement.	L'élément de réponse de l'enseignant montre un repérage de similitudes pertinentes dans les réponses des élèves. Ces dernières sont citées ou paraphrasées, mais pas interprétées.	Les enseignants ont repéré, à partir des similitudes dans les réponses des élèves, une tendance de raisonnement sous-jacente.

Tableau 2 : Niveaux d'interprétation des réponses des élèves

4. Résultats

4.1. Comment les enseignants interprètent-ils des réponses d'élèves à un questionnaire didactique après apports théoriques ?

Le questionnaire présenté aux enseignants visait la mise en évidence de deux conceptions fréquemment utilisées par les élèves pour interpréter certaines conséquences associées aux transformations chimiques (Brosnan, 1990, Hatzinikita *et al.*, 2005, Gauchon *et al.* 2007) : la confusion entre transformation physique et transformation chimique (la disparition d'une partie du zinc métallique est perçue comme une dissolution), et la conception « agent/patient » (l'acide chlorhydrique est considéré comme responsable de la disparition du zinc métallique et ne subit aucune détérioration). Les réponses des enseignants ont été découpées en unités de significations (US) qui ont été ensuite classées selon les trois niveaux du tableau 2.

Intéressons-nous à la réponse suivante, proposée par l'un des enseignants formés pour interpréter la phrase « c'est l'acide qui ronge la plaque » qu'un élève propose pour expliquer l'amincissement de la plaque de zinc : « Lors d'une réaction chimique, il y a un acteur et un autre qui subit : HCl agit et Zn subit ici. HCl agit mais il n'est en rien changé car rien ne se passe visuellement (pas de changement de couleur ni de volume) ». Cette réponse est composée de deux phrases, qui véhiculent chacune une idée. Dans la première phrase, on trouve l'idée que les réactifs ont des rôles dissymétriques : l'un est agent, l'autre patient. Tandis que dans la deuxième phrase, l'enseignant fait référence au fait que les élèves considèrent que la matière est transformée seulement si cette transformation est visible, perceptible par leurs sens. Nous avons donc ici deux unités de signification distinctes, correspondant au niveau 3. Le tableau 3 rend compte de la répartition des réponses des enseignants par niveau d'interprétation. Deux tiers des enseignants ont su interpréter certaines réponses des élèves avec un degré élevé de généralisation. La conception « agent/patient », la confusion entre transformations physique et chimique, ont, par exemple, été clairement formulées. Une moitié des enseignants a, par ailleurs, repéré des similitudes pertinentes (manifestations de conceptions) dans des réponses d'élèves, s'arrêtant, ici, à citer ou paraphraser ces derniers. Enfin, moins de la moitié des enseignants a évoqué certaines réponses erronées des élèves

uniquement du point de vue des lacunes ou incompréhensions des concepts qui leur auraient permis de répondre correctement.

Niveau d'interprétation	Exemple de réponse d'enseignant	nombre d'unités de signification	nombre d'enseignants (N = 20)
Niveau 1	« l'idée de transformation n'est pas acquise »	14	9
Niveau 2	« l'acide rouge, attaque »	20	9
Niveau 3	« les réactifs ont des rôles dissymétriques selon certains élèves »	33	13

Tableau 3 : Répartition des unités de signification choisies pour interpréter les réponses des élèves au questionnaire « transformation chimique »

4.2. Comment s'incarne l'appropriation par l'enseignant de la notion de conception dans l'élaboration d'une situation-problème ?

La deuxième séance de formation, durant laquelle les enseignants devaient élaborer une séquence d'investigation, a montré que les quatre groupes de travail (notés A, B, C et D) avaient réalisé le choix de l'objectif de connaissance en fonction de l'existence de conceptions sous-jacentes (voir tableau 4). Ainsi, les versions finales des problèmes reflètent les intentions des enseignants de faire dépasser par leurs élèves certains obstacles cognitifs, préalablement identifiés, pour acquérir la connaissance visée. Pour C, il s'agit de trouver « une perception pour eux qui serait contradictoire avec la réalité scientifique ». Il est par ailleurs intéressant de noter que la plupart d'entre eux ont pointé des objectifs du programme ne pouvant pas être traité selon une DI. Ainsi, A trouve que « c'est ça qui est difficile dans le programme de 3^e, c'est qu'il y a beaucoup de choses où ils n'ont pas d'idées préalables. Tu vois ? Le test de reconnaissance, ils pourraient peut-être faire quelque chose mais ils ont aucune idée là-dessus en fait » ; cette phrase fait écho à ce témoignage de B : « Ben moi, je leur demande comment passer de l'eau boueuse à l'eau limpide. Mais y a pas vraiment de conception à faire ressortir ».

Objectif de connaissance	Phrases des enseignants qui indiquent une prise en compte des conceptions
La masse totale est conservée au cours d'une transformation chimique	« J'ai fait brûler du charbon de bois, il n'y a plus rien dans le flacon »
Un volume donné de gaz possède une masse	« L'air ne pèse rien, lorsque l'on ajoute de l'air dans un ballon, il devient plus léger »
La combustion du carbone produit du dioxyde de carbone	« En fait, la conception c'est qu'ils pensent que le feu c'est de la matière »
La masse totale se conserve au cours d'une dissolution	« Une dissolution est comprise comme une disparition de matière »

Tableau 4 : Objectifs de connaissance choisis par les quatre groupes d'enseignants et conception associée

Pour terminer, nous souhaiterions présenter quelques éléments de réponse à notre quatrième question de recherche qui avait pour objet de relever les stratégies pédagogiques mises en place par les enseignants pour tenter à la fois de respecter les caractéristiques propres à la démarche d'investigation et de s'adapter à diverses contraintes : temps, matériel, effectifs, etc.

4.3. Quelles stratégies les enseignants mettent-ils en place pour concilier les exigences des programmes et les contraintes de terrain ?

Lorsque les enseignants ont tenté de mettre en application ces directives au cours de la séance de travail, il est apparu de manière récurrente une stratégie consistant en la mise en scène du problème de la manière suivante : deux personnages, aux points de vue différents sur une situation donnée, dialoguent ; l'un des points de vue correspond à la connaissance visée, sous la forme d'une prévision ou d'une hypothèse, l'autre représente la conception à déstabiliser, également sous la forme d'une prévision ou d'une hypothèse explicative. Cette manière de présenter le problème semble également s'appuyer sur une vision particulière du rôle de l'expérience. Celle-ci est considérée, par une grande partie des enseignants, comme un moyen de trancher définitivement sur la validité d'une hypothèse. Ainsi, telle une « expérience cruciale », elle est utilisée pour départager les deux personnages de la situation de départ.

Elle permet, selon ces enseignants, de rejeter l'idée liée aux conceptions des élèves et de confirmer, dans le même temps, celle qui constitue la connaissance à acquérir. Cette manière de procéder répond également à des préoccupations de gestion de classe. Plusieurs enseignants se sont exprimés sur la difficulté qu'ils voyaient à laisser les élèves formuler leurs hypothèses librement, se demandant comment ils pourraient prendre en compte toutes ces propositions dans un temps compatible avec les contraintes des programmes. Cette mise en scène du problème, sous la forme d'un dialogue entre deux personnages, possède donc l'avantage non négligeable, pour les enseignants, de limiter les possibilités de propositions des élèves à deux hypothèses seulement. Les élèves n'ont alors plus qu'à prendre parti pour l'une ou pour l'autre des hypothèses, au cours de la discussion animée par l'enseignant, consacrée à l'appropriation du problème par les élèves.

La contextualisation du problème scientifique, de manière plus générale, a également été l'objet de discussions dans la moitié des groupes de travail. Considérée comme un moyen de motiver et d'impliquer les élèves, elle risque, selon certains, de brouiller le problème scientifique. Les enseignants ont, en effet, conscience que les élèves peuvent focaliser leur attention sur des « problèmes » annexes, bien éloignés du problème scientifique visé par l'enseignant. Ces enseignants réfléchissent donc à la possibilité de proposer une situation intégrant le problème scientifique de manière pertinente, pour éviter ainsi des recadrages dans la classe, lors de la phase d'appropriation du problème par les élèves.

Enfin, le choix du matériel qui servira à réaliser l'expérience a été considéré, par tous les groupes, comme une tâche trop difficile pour les élèves. De plus, le matériel

disponible dans les établissements est souvent en quantité limitée, et peu varié, ne permettant pas aux enseignants de répondre à toutes les demandes des élèves. La situation de départ a donc également été évoquée à cette occasion : dans quelle mesure peut-on suggérer un certain type de matériel, sans trop limiter l'autonomie des élèves ? Un seul groupe a finalement suggéré du matériel à travers la situation de départ.

Dans sa mise en place dans la classe, la démarche d'investigation, telle qu'elle est décrite, entraîne de nombreuses incertitudes pour les enseignants : gestion de toutes les propositions des élèves (hypothèses, protocoles...). On a pu remarquer que les enseignants tentaient de limiter ces incertitudes à travers diverses stratégies pédagogiques : matériel imposé, mise en scène d'un conflit cognitif, etc. Les enseignants tentent donc de reprendre un certain contrôle, à juste titre, compte tenu des contraintes didactiques fortes (effectifs, matériel, temps,...). Il s'agirait donc de cadrer un peu plus les élèves, d'être moins ambitieux sur leur autonomie, et d'assumer ce type de guidage.

5. Bibliographie

- Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*. Paris : PUF (réédition 1993).
- Brosnan, T. (1990). Categorizing macro and micro explanations of material change. In P.-L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, A.-J. Waarlo (dir.). *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (198-212). Utrecht : CdbPress.
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en Physique. Des textes officiels aux pratiques de classe. *Spirales*, 43, p. 139-148.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherche en didactique des mathématiques*, 19 (2), p. 221-265.
- Gauchon, L. & Méheut, M. (2007). Learning about stoichiometry : from students' preconceptions to the concept of limiting reactant. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (4), p. 362-375.
- Hacking, I. (1983/2005). *Representing an Intervening*. Cambridge : University Press Cambridge.
- Hatzinikita, V., Koulaïdis, V., Hatzinikitas, A. (2005). Modeling pupils' understanding and explanations concerning changes in matter. *Research in Science Education*, 35, p. 471-495.
- 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, p. 39-54.
- Mayen, P. & Savoyant, A. (2002). Formation et prescription : une réflexion de didactique professionnelle. *Actes du 37^e congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*, Aix-en-Provence, p. 226-232.

- Mathé, S. (2010). La « démarche d'investigation » dans les collèges français : Elaboration d'un dispositif de formation et étude de l'appropriation de cette nouvelle méthode d'enseignement par les enseignants. Thèse de l'université Paris-Diderot-Paris 7.
- Mathé S., Méheut M., De Hosson C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux. *Didaskalia*, 32, p. 41-76.
- Robardet, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'Union des physiciens*, 836, p. 1173-1190.

Travail collectif des professeurs et démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences

Ghislaine Gueudet

CREAD

IUFM Bretagne, 153 rue Saint-Malo 35043 RENNES CEDEX

Ghislaine.Gueudet@bretagne.iufm.fr

RÉSUMÉ. Dans un contexte d'incitations institutionnelles à la mise en place, dans les classes, de démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences (DIES), nous étudions la question des collectifs, impliquant des professeurs, et susceptibles de contribuer à cette mise en place. Ces collectifs peuvent être de différentes natures : constitués spontanément ou délibérément ; associant seulement des professeurs, ou impliquant également des formateurs, des chercheurs, ou des élèves ; fondés sur un projet commun à leurs membres, ou simplement liés par un intérêt partagé. Nous nous centrons ici sur des collectifs qui poursuivent un objectif de formation de leurs membres aux DIES. En nous appuyant sur deux exemples de recherches récentes en didactique des mathématiques, nous nous penchons sur les questions suivantes :

- quels types de collectifs peuvent contribuer à des évolutions de pratique, en direction des DIES ? Au sein de quels dispositifs de formation ?

- quelles évolutions peut apporter le numérique, dans le développement de communautés de professeurs en formation, comme dans le développement professionnel de ces professeurs ?

MOTS-CLÉS : Collectifs, communautés, documentation, formation des enseignants, ressources

KEYWORDS : Collectives, communities, documentation, resources, teacher training

Introduction

Le thème du lien entre travail collectif enseignant et DIES peut donner lieu à de multiples questions. De nombreux types de collectifs, impliquant des professeurs, se préoccupent de DIES : collectifs visant la formation, initiale ou continue, des professeurs qui en sont membres ; équipes au sein d'établissements, répondant à une demande institutionnelle ; collectifs développant des ressources à destination d'autres professeurs. Nous avons choisi ici de nous limiter à l'étude du premier cas cité : les collectifs s'inscrivant dans un contexte de formation d'enseignants aux DI. Nous développons le cas de deux projets de recherche et de formation, dont la mise en regard nous permet d'avancer des éléments de réponses aux questions que nous étudions ici :

- quels types de collectifs peuvent contribuer à des évolutions de pratique, en direction des DI ? Au sein de quels dispositifs de formation ?
- quelles évolutions peut apporter le numérique, dans le développement de communautés de professeurs en formation, comme dans le développement professionnel de ces professeurs ?

1. Collectifs et formation des professeurs, fondements théoriques

Le travail du professeur, ses évolutions professionnelles, peuvent être étudiés avec différentes perspectives théoriques. Dans la plupart des cas, ces perspectives identifient certains collectifs, dont le professeur fait partie, comme un élément déterminant. C'est notamment le cas en théorie de l'activité (Engeström, 1999) : « la communauté » est vue comme l'un des éléments de l'environnement du professeur, explicatif de son activité. Ainsi, dans un objectif de formation, agir sur les collectifs auxquels appartient l'enseignant semble une direction susceptible de contribuer à des évolutions. Un conflit sociocognitif advenant dans un tel collectif (Grangeat, 2010) nécessite un développement, la co-construction de nouvelles significations.

Le professeur peut être impliqué dans différents types de collectifs : équipes mises en place par des formateurs, communautés spontanément formées, ou réseaux plus informels (Krainer & Wood, 2008). En particulier, la participation à une communauté de pratique (Wenger, 1998) semble pouvoir influencer jusqu'à l'identité professionnelle des professeurs. Ainsi une formation peut viser à faire évoluer une équipe, intentionnellement formée, vers une communauté de pratique : des formations ayant fait de tels choix, dans le cas des mathématiques, sont largement décrites et étudiées dans la littérature de recherche (voir Krainer & Wood, 2008 pour une synthèse). Récemment, certains dispositifs exploitent les possibilités informatiques de mise en réseau pour établir de telles communautés, en s'affranchissant des contraintes de réunions en présence (Borba & Gadanidis, 2008 ; Goos & Bennison 2008).

Quel(s) lien(s) existe (nt), entre un tel mode de formation et les DI ? Il peut s'agir simplement du fait que l'évolution vers des DI apparaissant comme particulièrement délicate, le travail au sein d'un collectif est susceptible de donner aux professeurs l'assurance nécessaire. Le même choix pourrait alors être fait pour d'autres changements de pratiques, identifiés comme délicats : différenciation pédagogique, intégration des technologies... Est-ce que certains types de communautés de professeurs seraient, au-delà de l'apport général du collectif, spécifiquement liés à une évolution vers des DI ? Si l'engagement fondateur de la communauté est tourné vers l'investigation, on peut faire l'hypothèse d'une influence sur la pratique du professeur. Nous allons considérer de manière plus approfondie deux exemples de recherches et de formations, en mathématiques au second degré, pour préciser les premiers constats évoqués ici.

2. Le projet Learning Communities in Mathematics (LCM)

Le projet LCM, organisé par l'Université de Agder en Norvège, s'est déroulé de 2004 à 2007 (Jaworski *et al.*, 2007). Ce projet, élaboré par des chercheurs en didactique des mathématiques, repose sur la notion de *inquiry communities*, introduite par Jaworski (2004). Une « inquiry community » est une communauté de pratique (Wenger, 1998) dans laquelle les membres partagent une attitude de questionnement, d'investigation. Cette attitude, générale, de questionnement concerne en particulier leur propre pratique. Ainsi une « inquiry community » peut être considérée comme étant toujours en devenir, ses membres ne se situant pas dans une adhésion (*alignment*) totale, mais dans une position d'adhésion critique (*critical alignment*). Ainsi l'investigation fait partie de l'identité même des membres de la communauté.

Dans le cadre du projet LCM, ont été formés plusieurs groupes, constitués de professeurs du second degré et de chercheurs en didactique. En tout une dizaine de chercheurs ont participé au projet, et une quarantaine de professeurs, pour lesquels la participation aux groupes LCM était une modalité de formation continue. L'objectif de la formation était le développement de DI, dans les enseignements de mathématiques des membres professeurs. L'hypothèse des chercheurs est la suivante : si les groupes de chercheurs et de professeurs deviennent des *inquiry communities*, alors l'identité des professeurs évoluera, pour comporter une posture systématique d'investigation. Cette identité nouvelle amènera des modifications dans leur manière d'enseigner les mathématiques, qui sera davantage tournée vers les DI.

Le travail au sein des groupes a été suivi et analysé tout au long des trois années du projet. Ces groupes ne sont pas des groupes thématiques, avec un projet précis assigné au début de leur travail. Lors de leur première année de fonctionnement, ils débutent avec des activités générales, comme la recherche de problèmes ouverts. Cependant les professeurs formulent rapidement la demande de faire porter le travail sur la préparation de séquences de classe. Les chercheurs proposent des ressources : brochures, articles... pouvant donner des idées d'activités ; ce sont les

professeurs, ensuite, qui élaborent un scénario de classe. Le scénario donne lieu à une ou plusieurs mises en œuvre, qui sont filmées puis discutées dans le groupe.

Les chercheurs constatent au final que, au cours des trois années du projet, les groupes ont évolué en *inquiry communities*. L'attitude des professeurs vis-à-vis des chercheurs a évolué, d'une attente de conseils vers une collaboration plus symétrique. Dans le même temps, les chercheurs ont dû s'adapter aux demandes des professeurs, en orientant le travail vers la conception de séances de classe, avec des contenus s'insérant dans le déroulement normal du programme. Les séances élaborées témoignent d'une plus grande sensibilité des professeurs aux DI, et d'évolutions sur certains points importants pour leur mise en œuvre. Ainsi l'aspect de présentation de l'activité est identifié comme important, pour que les élèves puissent débiter leur investigation. Les professeurs sont également devenus plus attentifs au langage qu'ils emploient, en explicitant plus systématiquement les termes mathématiques risquant d'être mal interprétés par les élèves.

3. Le projet INRP-Pairform@nce

Le programme Pairform@nce du ministère de l'Éducation nationale, en France, vise l'intégration des TICE à tous les niveaux scolaires et pour toutes les disciplines. Le projet de recherche INRP-Pairform@nce (Soury-Lavergne, Trouche & Gueudet, 2009) étudie ce programme et y participe en produisant des parcours de formation continue et plus généralement des outils visant à la qualité des formations Pairform@nce. Ces formations sont des formations hybrides : elles exploitent une plateforme pour leur travail distant. Elles sont basées sur la conception collaborative de séquences de classe par des équipes de professeurs stagiaires.

C'est ce dernier principe qui a motivé notre intérêt pour le programme Pairform@nce : en effet ce principe apparaît comme susceptible d'amener des modifications de pratique, selon la perspective introduite par l'approche documentaire du didactique (Gueudet & Trouche, 2010). Cette approche s'intéresse au travail documentaire des professeurs : collecter des ressources, les combiner, les mettre en œuvre, les réviser... Ce travail, présent dans l'ensemble de l'activité du professeur, est fortement articulé à ses connaissances professionnelles. Les interactions du professeur avec des ressources sont en partie pilotées par ces connaissances ; dans le même temps, elles peuvent amener des évolutions de connaissances, au sein de genèses documentaires. De telles genèses peuvent être le fait d'un seul professeur ; elles peuvent aussi prendre place dans des communautés de professeurs, engagées dans un travail documentaire collectif. Or la conception collaborative de séquences de classes, pratiquée dans les formations Pairform@nce, relève évidemment du travail documentaire collectif ; elle peut donc amener des évolutions de pratique.

Pairform@nce n'est pas spécifiquement orienté vers les DI, mais l'équipe INRP-Pairform@nce a participé à l'élaboration et à la mise en œuvre de deux parcours de formation en mathématiques qui concernent ces démarches : « Travaux pratiques en

géométrie avec un logiciel » et « DI en mathématiques au collège avec des logiciels ». Ces parcours sont bâtis sur un schéma commun. La formation correspondante dure treize semaines (hors vacances scolaires) ; elle comporte trois journées de travail en présence, entre lesquelles les équipes travaillent à distance. La première journée présentielle vise à présenter la formation, constituer les équipes, et faire un travail d'appropriation des logiciels si nécessaire. Dans un premier temps de travail distant, des scénarios sont élaborés, qui ne seront pas testés. Ces scénarios « théoriques » servent à une discussion, lors du deuxième jour de formation qui est centré sur les DI. Ensuite les équipes conçoivent une séquence, qui est testée au moins une fois, et dont une séance au moins est observée (par un stagiaire membre de l'équipe). Les scénarios des séquences conçues sont déposés sur la plateforme, et discutés lors de la dernière journée de formation en présence. La plateforme est un lieu d'échanges, permettant la discussion dans des forums et le dépôt de fichiers. Elle comporte aussi de nombreuses ressources, en particulier des exemples de séquences, qui permettent de montrer des possibilités de mise en œuvre mais qui servent aussi de support aux échanges, parfois vifs, entre les stagiaires. Certains points, comme l'articulation entre investigation et démonstration donnent en effet lieu à des prises de positions opposées ; les formateurs font en sorte que celles-ci s'expriment au cours de la formation. D'autres ressources centrales sont les grilles proposées aux stagiaires : grille de description de scénario, grille d'observation, grille de bilan. Celles-ci sont essentielles pour le travail commun.

À l'issue des formations qui ont été testées, nous avons relevé des évolutions des professeurs vers les DI. En particulier, du point de vue des usages des logiciels, la responsabilité des élèves s'accroît, par rapport aux pratiques que les professeurs décrivent en début de formation : les élèves manipulent eux-mêmes le logiciel, qui est positionné comme outil pour la résolution d'un problème mathématique et non comme objet d'étude. Il resterait toutefois un travail important à effectuer sur le choix des situations mathématiques et le découpage des tâches.

4. Mise en regard des deux projets

Les deux projets que nous avons considérés ici peuvent être comparés sur de nombreux points. Nous nous centrons ici sur certains aspects qui nous semblent susceptibles de nourrir une réflexion générale.

Dans ces deux projets des chercheurs étaient fortement impliqués, en lien avec un intérêt pour le concept de communautés de pratique. Cependant, dans LCM l'intérêt était plus précisément porté à la notion d'identité, constitutive des communautés ; du côté de Pairform@nce, c'est le concept de répertoire, et la dualité participation – réification qui avaient retenu en priorité l'attention des chercheurs. Ce positionnement théorique se retrouve dans les dispositifs. Dans LCM, les groupes visent le développement de DI, l'acculturation de leurs membres à l'investigation. L'objectif de conception collaborative de séquences de classes n'est venu que plus tard, à l'initiative des professeurs. Dans Pairform@nce la conception de séquences est centrale dès le départ, au sein d'un objectif plus vaste d'intégration

des technologies. Ces focus théoriques différents éclairent aussi la position des chercheurs dans les dispositifs : membres des groupes, engagés dans une investigation avec les professeurs, dans LCM ; concepteurs de parcours et formateurs dans Pairform@nce.

En ce qui concerne l'impact du dispositif sur les pratiques des professeurs, on peut relever de nombreux éléments communs. Les professeurs tiennent à élaborer des séances ou séquences qui s'intègrent dans le déroulement normal de leur enseignement. L'investigation doit pouvoir viser, soit l'introduction de nouvelles notions, soit le réinvestissement de notions déjà rencontrées mais dans tous les cas elle ne doit pas se situer en marge de la progression prévue. Au cours de la formation, ils évoluent sur plusieurs points. Ils semblent attentifs à ne pas trop intervenir auprès des élèves ; pendant les séances de classe, ils donnent des indices mais veillent à ne pas empiéter sur l'activité mathématique de l'élève. Ce souci est, en revanche, associé à la production de séances dans lesquelles les tâches mathématiques sont découpées, de manière à proposer à l'élève le support d'une ou plusieurs fiches qu'il va pouvoir réaliser de manière autonome. Il semble difficile pour les professeurs de dépasser ce découpage. Par ailleurs, dans le projet LCM des évolutions ont été observées, en ce qui concerne l'attention portée par les professeurs à l'appropriation de la situation par les élèves, particulièrement au langage employé. Dans Pairform@nce, les professeurs ont évolué quant à leur utilisation d'un logiciel pour les DI, passant d'un emploi du logiciel pour illustrer le cours, ou pour initier les élèves à la maîtrise des technologies, à un emploi où le logiciel est un outil pour l'activité mathématique des élèves. Ainsi dans les deux cas, on peut dire que les modes de formation retenus semblent avoir atteint leur objectif.

En termes d'échelle, au cours du projet LCM 40 professeurs ont été formés, sur une durée de 3 ans. Dans les parcours INRP-Pairform@nce, dans une session de formation (d'une durée de 3 mois), deux formateurs peuvent encadrer 16 stagiaires. Ainsi l'impact du projet Pairform@nce semble nettement supérieur, en termes de nombre de stagiaires potentiellement formés. Cependant, la possibilité de formation à grande échelle dépend de la prise en main des parcours par des formateurs non concepteurs, qui est complexe. De plus, et surtout, la durabilité des changements de pratiques (sur laquelle nous n'avons pas de résultats) est sans doute plus importante à l'issue de 3 ans de formation.

5. Conclusion

Cette mise en regard des deux recherches permet d'amener des éléments de réponse à nos questions initiales.

Quels types de collectifs peuvent contribuer à des évolutions de pratique, en direction des DIES ? Au sein de quels dispositifs de formation ?

Les évolutions semblent pouvoir être spécifiquement importantes au sein de collectifs qui sont des communautés de pratique. Une formation peut donc viser à faire émerger de telles communautés. Il s'agit alors de permettre l'engagement des

stagiaires, dans une entreprise commune en lien avec les DIES. Les professeurs se dirigent spontanément vers des activités de conception et d'expérimentation de séquences de classe ; celles-ci apparaissent comme des entreprises communes naturelles, qui peuvent être exploitées. Les formateurs peuvent les accompagner, en particulier en amenant un soutien méthodologique aux professeurs. Appartenir à une communauté de pratique, engagée dans un tel travail documentaire peut amener des évolutions dans les connaissances professionnelles des professeurs, dans leur identité. Cependant, certaines convictions partagées par tous les professeurs peuvent perdurer, et s'opposer à l'investigation (comme le choix de découper les tâches, dans un objectif « d'autonomie » des élèves, perçue comme la non-intervention du professeur). Ainsi il pourrait être nécessaire de ménager dans ces dispositifs des possibilités des conflits sociocognitifs (Grangeat, 2010), pour déstabiliser même les convictions partagées.

Quelles évolutions peut apporter le numérique, dans le développement de communautés de professeurs en formation, comme dans le développement professionnel de ces professeurs ?

Le travail mené dans Pairform@nce a montré que des équipes de professeurs pouvaient, sous certaines conditions, effectuer un travail distant de conception collaborative de séquences de classe en utilisant une plateforme. L'articulation entre présence et distance est essentielle ; nous faisons l'hypothèse qu'une communauté, dans un tel contexte et sur une durée d'environ trois mois, ne peut pas émerger sans travail en présence. Certaines équipes étaient formées de professeurs d'un même établissement. Celles-ci ont largement utilisé la plateforme, qui leur a permis d'échapper aux contraintes d'emploi du temps qui ne leur permettent pas de se rencontrer. Leur expérience de travail collectif, en début de formation, se limitait à l'élaboration commune de textes d'évaluation ; la conception d'une séquence est considérée comme une activité susceptible d'initier un mouvement durable de travail commun. Autre spécificité notable du numérique : la mise à disposition de parcours sur la plateforme nationale permet, *a priori*, que des formateurs mettent en œuvre des parcours qu'ils n'ont pas conçus, permettant une diffusion dans toute la France. Cependant l'appropriation de parcours par des formateurs non concepteurs reste un point délicat.

6. Bibliographie

- Borba M.C. & Gadanidis G. (2008). Virtual communities and networks of practising mathematics teachers. In K. Krainer & T. Wood (dir.), *Participants in Mathematics Teachers Education : Individuals, Teams, Communities and Networks*, Vol. 3, p. 181-206. Rotterdam/Taipei : Sense Publishers.
- Engeström, Y. (1999). Activity Theory and Individual and Social Transformation. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R.L. Punamäki (dir.), *Perspectives on Activity Theory (Learning in doing : Social, Cognitive, and Computational Perspectives)*, p. 19-38. New York : Cambridge University Press.

- Goos, M.-E., & Bennison, A. (2008). Developing a communal identity as beginning teachers of mathematics: emergence of an online community of practice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11 (1), p. 41-60.
- Grangeat, M. (2010). Effets de la confrontation entre enseignants de sciences débutants sur leurs conceptualisations et leurs pratiques en ce qui concerne les démarches d'investigation. *Symposium « le travail collectif enseignant », colloque AREF 2010*, Genève, Suisse.
- Gueudet, G. & Trouche, L. (2010). *Ressources vives : le travail documentaire des professeurs en mathématiques*. Rennes : Presses universitaires de Rennes et Lyon : INRP.
- Krainer, K. & Wood, T. (dir.). (2008). *Participants in Mathematics Teachers Education : Individuals, Teams, Communities and Networks*, Vol. 3. Rotterdam/Taipei : Sense Publishers.
- Jaworski, B. (2004). Grappling with complexity: co-learning in inquiry communities in mathematics teaching development (Invited plenary address.) In M.J. Hoynes, & A.B. Fugelstad (dir.) *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 1, p. 17-36. Bergen, Norway : Bergen University College.
- Jaworski, B., Fuglestad, A.B., Bjuland, R., Breiteig, T., Goodchild, S., Grevholm, B. (dir.) (2007). *Learning communities in mathematics*. Bergen : Caspar.
- Soury-Lavergne, S., Trouche, L., Gueudet, G. (2009). Parcours de formation et étude de processus d'appropriation, rapport annuel du projet INRP-Pairform@nce, INRP (143 p.).
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. New York : Cambridge University Press.

Conceptions de ressources et recherche

Andrée Tiberghien

UMR ICAR

15, parvis René Descartes

BP 7000

69342 Lyon CEDEX 07

France

andree.tiberghien@univ-lyon2.fr

RÉSUMÉ. Ce texte porte sur le rôle des choix théoriques qui sont sous-jacents à la conception de ressources d'enseignement. Il est basé sur une publication faite dans le livre de M. Grangeat (Tiberghien, à paraître). Ces choix portent sur l'enseignement, l'apprentissage et le savoir dans la conception de séquences ou d'activités d'enseignement. Nous présentons tout d'abord la nécessité de théories intermédiaires entre les grandes théories comme le socioconstructivisme et la conception de ressources d'enseignement. En effet, vu tous les choix à faire lors de leur conception, il n'est pas surprenant que certaines ressources, qui pourtant se basent sur une même grande théorie, le constructivisme par exemple, soient de fait très différentes. Nous présentons ensuite un développement de notre théorisation et des outils de conceptions de séquences qui nous a conduit à une grille d'analyse des activités de démarche d'investigation. À titre d'exemple, nous utilisons cette grille dans le cas d'une démarche proposée pour la classe de 5^e.

MOTS-CLÉS : didactiques, outils de conception, ressources d'enseignement

KEYWORDS : didactics, design tools, teaching resources

Nous présentons ici un texte court correspondant à l'exposé fait lors des journées dans la mesure où celui-ci a été conçu à partir d'un chapitre du livre de M. Grangeat (Tiberghien, à paraître). Dans un premier temps, nous développons succinctement l'idée de la théorisation de la conception de ressources d'enseignement conduisant à construire des outils de conception, en particulier dans le cas de séquences d'enseignement. Nous présentons ensuite un développement de notre théorisation et de ces outils qui nous a conduit à une grille d'analyse des activités de démarche d'investigation. À titre d'exemple, nous utilisons cette grille dans le cas d'une activité de démarche d'investigation.

1. Conception de ressources d'enseignement

À la suite de travaux antérieurs menés en didactique depuis les années quatre-vingt-dix, nous posons que les grandes théories comme le constructivisme ou le socioconstructivisme ne permettent pas de déterminer les nombreux choix à faire lors de la conception d'une ressource d'enseignement qui doit être opératoire. Par exemple une ressource qui se réclame du constructivisme va mettre en jeu des choix sur le contenu de l'enseignement, l'organisation de classe, les formes d'intervention de l'enseignant qui ne relèvent pas de cette théorie. Ainsi des ressources d'enseignement qui se réclament d'une même « grande théorie » comme le constructivisme peuvent être très différentes.

Il faut donc construire des théories intermédiaires qui se fondent à la fois sur des théories relatives au savoir, à l'apprentissage et à l'enseignement.

La théorie intermédiaire que nous avons élaborée est fondée principalement sur des hypothèses d'apprentissage et sur une analyse du savoir à enseigner (Tiberghien *et al.* 2009). Ces hypothèses sont issues d'une approche vygotskienne et de travaux sur l'apprentissage des élèves en situation d'enseignement qui conduisent à tenir compte des connaissances initiales des élèves à un niveau fin de granularité. L'analyse du savoir est faite en termes de modélisation non seulement du savoir à enseigner en physique mais aussi du savoir quotidien des élèves sur le monde matériel (Lautrey *et al.*, 2008). Ceci nous a conduit à construire des « outils de conception » qui guident la conception d'activités dans la mesure où ils déterminent le type de savoir en jeu et conduisent à expliciter les connaissances déjà connues à partir desquelles les élèves peuvent démarrer l'activité. Ainsi, dans l'analyse du savoir une importance particulière est accordée à la distinction entre les objets et événements (qui incluent les faits expérimentaux) et les éléments théoriques ou du modèle. Ce choix amène à travailler spécifiquement le langage utilisé qui doit respecter cette distinction.

Ainsi nous posons que pour construire des ressources d'enseignement, y compris pour les démarches d'investigation, il est nécessaire :

- d'explicitier les références épistémologiques, les choix d'apprentissage et ceux d'enseignement ;
- de construire des « outils » pour la conception de ressources ;

– de tester la cohérence des ressources avec ces outils.

2. Activités d’investigation : construction d’une grille d’analyse

Dans le cas des démarches d’investigation, du fait qu’elles sont structurées par types d’activités, il est nécessaire d’introduire une analyse du savoir sur les activités du chercheur en sciences expérimentales et pas seulement sur les types de savoir en jeu dans l’activité globale de modélisation ; celles-ci doivent être décomposées. Cette décomposition n’est pas simple car, chez l’expert, certaines actions sont internalisées et deviennent des habitudes de pensée (Etkina *et al.*, 2010). Il est donc nécessaire de les expliciter. Ceci nous a conduit à proposer une grille d’analyse des activités d’investigation à la fois en termes d’actions que nous appelons processus/procédures et en termes de types de savoir (figure 1).

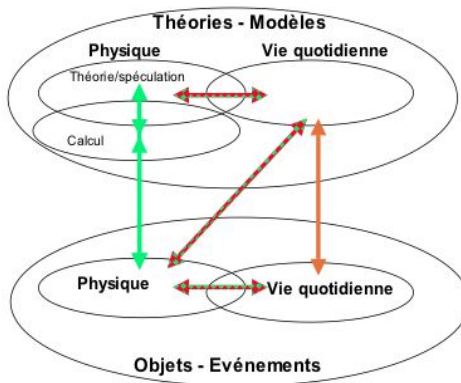
<p>À partir des actions : Processus/procédures (Etkina <i>et al.</i>, 2010, p. 55)</p>	<p>À partir du fonctionnement du savoir relatif au monde matériel</p>
<ul style="list-style-type: none"> – Concevoir des hypothèses/spéculation et des explications – Utiliser des moyens spécialisés de représenter des phénomènes – Recueillir et analyser des données à partir des expériences – Mettre au point, affiner/adapter les expériences et les mesures – Utiliser des moyens spécialisés de communication des idées – Évaluer, tester, et valider des hypothèses et des théories – Construire des théories/spéculation – Communiquer et débattre 	 <p>Il faut qu’il y ait cohérence entre théorie, calcul, objets/événements en jeu dans les situations étudiées</p>

Figure 1. Grille d’analyse des activités d’investigation combinant des processus/procédures possibles (issues de Etkina *et al.*, 2010, les processus « communiquer et débattre » ont été rajoutés par nous)

Il faut noter que, dans le schéma de la figure 1, nous décomposons la partie théorie/modèle en théorie et calcul. Cela est important dans les démarches d’investigation qui mettent souvent en jeu la construction d’hypothèses et donc demandent d’explicitier le ou les rôles de la théorie. Pour cela nous nous fondons sur les travaux de Hacking qui insiste sur l’importance de la partie qualitative d’une théorie qui est pour nous essentielle car c’est elle qui permet aux élèves de

construire du sens au savoir scientifique. Ainsi Hacking (1989/1983, p. 343-344) écrit :

« Par “spéculation” j’entends ici la représentation intellectuelle de quelque chose qu’il est intéressant de connaître, un jeu et une remise en ordre des idées permettant de donner au moins une compréhension qualitative de certains aspects du monde.

Les spéculations sont-elles uniquement d’ordre qualitatif? Non, bien sûr. La physique est une science quantitative. [...] Dans l’état actuel des choses toute théorie quantitative dit en fin de compte : “Les équations sont de telle et telle forme avec certaines constantes naturelles qu’il faut remplir, empiriquement. [...] Ainsi, en dépit de toute sa panoplie quantitative, la spéculation demeure qualitative pour l’essentiel”. »

Ainsi il n’est pas question d’éliminer les composantes quantitatives des théories mais il est nécessaire de les accompagner des composantes qualitatives qu’il faut alors expliciter avec une formulation adaptée. Cela est important dans les démarches d’investigation qui mettent souvent en jeu la construction d’hypothèses et donc demandent d’explicitier des composantes qualitatives de la théorie. En effet, les formulations d’hypothèse se font souvent, au moins en partie, en langue naturelle ; en particulier au collège, les composantes formelles ne sont pas très développées.

3. Exemple d’analyse

Nous présentons ci-dessous l’analyse d’une fiche proposée pour une démarche d’investigation en 5^e (trouvée sur le site : <http://www.phychim.ac-versailles.fr/spip.php?article427>) (tableau 1). Cette analyse n’est pas présentée dans le chapitre (Tiberghien, à paraître).

Dans cette activité, les élèves, faisant l’hypothèse du déplacement de la lumière entre la source laser et l’écran, ont à déterminer comment trouver ce trajet. Ceci les amène à « visualiser » ou plus généralement rendre perceptible ce trajet. Une façon simple est de mettre un obstacle sur ce trajet, par exemple un livre, une feuille. Cela leur permet de voir la tâche lumineuse à différents endroits de l’espace à mesure qu’ils déplacent cette feuille (ou autre obstacle) entre la source et l’écran. Ainsi dans cette activité, l’élève « crée » des entités observables du monde matériel (dans ce cas la tâche de lumière à différents endroits de l’espace). Ces entités l’aident à construire le concept de trajet de la lumière et ainsi lui permettent de développer une « théorie de (ou spéculation sur) la lumière.

<p>Principaux éléments du texte d'une fiche classe de (5^e) : Visualiser le trajet de la lumière (en italique le texte proposé à l'élève)</p>	<p>Analyse à partir de la grille (figure 1)</p>
<p>Étape 1 : Premier problème, situation déclenchante. Le professeur montre un laser et pose la question : Voici un laser. Je vais éclairer le plafond avec ce laser. Qu'allons-nous observer ? Étape 2 : Questionnement Les élèves répondent par écrit individuellement sur une feuille : <i>Nous allons éclairer le plafond avec un laser. Qu'allons nous observer ?</i></p> <p><i>Hypothèse : ...</i></p>	<p>Hypothèse à partir du vécu (peu ou pas de spéculation).</p>
<p>Étape 3 : Mise en commun Le professeur liste toutes les propositions au tableau en les organisant en deux colonnes départageant les deux grandes hypothèses auxquelles il s'attend. - Hypothèse 1 : « on va voir une tâche rouge sur le plafond » - Hypothèse 2 : « on va voir un trait rouge entre le laser et le plafond » ou « on va voir un rayon laser » Étape 4 : Expérience Le professeur éclaire le plafond avec le laser, avec la lumière du jour, la lumière des néons, puis en fermant les rideaux et en éteignant la lumière. On observe un point rouge au plafond. Étape 5 : Écrit individuel des élèves</p>	<p>Expérience dans le monde des objets/événements : l'élève observe. Recueil des données à partir d'observations directes.</p>
<p>Étapes 6/7 : Deuxième problème. Situation déclenchante (travail individuel puis par groupes de 2 ou 3) <i>Y a-t-il de la lumière entre le laser et la tâche rouge sur le mur ?</i> <i>Hypothèse : ...</i> <i>Comment pourrait-on faire pour le savoir ?</i> <i>Expérience proposée : ...</i> <i>Réalisation de l'expérience et observation :</i> <i>Retour sur l'hypothèse : ...</i> Étape 8 : discussions... <i>schématisation à la maison.</i></p>	<p>Concevoir des hypothèses/spéculations à partir du vécu en lien avec : - la mise au point d'expérience(s). (la question contraint à travailler dans l'espace entre le laser et le mur) ; - l'évaluation des hypothèses (Il y a inférence sur le trajet rectiligne qui peut être rendu « visible » dans le cas du laser.)</p>

Tableau 1. Analyse d'une fiche pour une activité d'investigation en 5^e. La structuration en étapes a été faite par nous, nous avons décomposé certaines des étapes proposées dans la fiche du fait de notre analyse. Le texte proposé aux élèves est en italique

Cet exemple montre comment fonctionne notre grille d'analyse. Cette analyse met en évidence, un cas assez rare parmi toutes les fiches que nous avons consultées sur les sites académiques, où une composante théorique est mise en œuvre pour produire une hypothèse puis mise à l'épreuve et enfin retravaillée. Elle offre ainsi

l'opportunité à l'élève de réaliser des actions qui a priori permettent une compréhension du phénomène dans la mesure où il y a construction d'une *cohérence* entre les phénomènes construits et observés (tâches lumineuses sur le parcours de la lumière) et l'affirmation de l'existence de la lumière et de son trajet entre la source et le récepteur. Cette fiche illustre deux types d'hypothèses/prévisions et leurs rôles. Dans l'étape 2 (tableau 1, colonne de gauche) il s'agit d'une prévision qui n'est pas ensuite travaillée ; c'est en quelque sorte une introduction qui permet à l'élève de poser qu'on obtient une tâche colorée avec un laser. Seulement la deuxième hypothèse, qui est associée à la recherche d'une procédure expérimentale et d'une évaluation, met en jeu une composante théorique.

4. Conclusion

Nous rappelons ici, dans le cadre de nos choix épistémologiques et d'apprentissage, quelques points importants à prendre à compte dans la conception d'une activité de démarche d'investigation :

- la cohérence entre les expériences et la théorie (spéculation) ;
- l'explicitation de la partie théorique (spéculation) en lien avec les hypothèses (au début, et/ou au milieu et/ou à la fin de l'activité), ce qui nécessite une attention particulière sur le langage utilisé qui doit aider à distinguer les parties théoriques des faits observés ;
- le nécessaire aller-retour entre théorie (spéculation) et observables ou mesures.

Remerciements

Ce travail a été mené dans le cadre du projet Européen S-TEAM (*grant agreement* N° SIS-CT-2009-234870).

5. Bibliographie

- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., David, R., Jordan, R., & Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and Reflection Help Students Develop Scientific Abilities: Learning in Introductory Physics Laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, 19 (1), p. 54-98
- Hacking, I. (1989) (publication originale en anglais : 1983). *Concevoir et expérimenter [Representing an Intervening]*. Paris : Christian Bourgois éditeur.
- Lautrey, J., Rémi-Giraud, S., Sander, E., & Tiberghien, A. (2008). *Les connaissances naïves*. Paris : Armand-Colin.
- Tiberghien, A. (à paraître). Conception et analyse de ressources d'enseignement : le cas des démarches d'investigation. In M. Grangeat (dir.), *Les démarches d'investigation dans*

l'enseignement scientifique : Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves. Lyon : INRP.

Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*, 31 (17), p. 2275-2314.