

Ressources et travail collectif dans la mise en place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences

Actes des journées scientifiques DIES 2010
Lyon, 24 et 25 novembre 2010

sous la direction de

Catherine Loisy, Jana Trgalova, Réjane Monod-Ansaldi



INSTITUT NATIONAL
DE RECHERCHE
PÉDAGOGIQUE

Comités

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Jean-Marie BOILEVIN, UMR ADEF, Université de Marseille
Laetitia BUENO-RAVEL, CREAD, Université de Bretagne Occidentale
Bernard CALMETTES, DiDiST-CREFI-T, Université Toulouse 2
Sylvie COPPE, ICAR, Université Lyon 2
Jean-Luc DORIER, Université de Genève, Suisse
Michel GRANGEAT, LSE, Université Grenoble 2
Peter GRAY, Norwegian University of Science & Technology, Trondheim, Norway
Brigitte GRUGEON, LDAR, Université Paris 7
Cécile de HOSSON, LDAR, Université Paris 7
Patricia MARZIN, LIG, Université Grenoble 1
Michela MASCHIETTO, University of Modena and Reggio Emilia, Italy
Françoise MOREL-DEVILLE, ACCES-INRP, Lyon
Eric SANCHEZ, Université de Sherbrooke, Canada ; EducTice-INRP, Lyon
Luc TROUCHE, EducTice – INRP, LEPS-LIRDHIST, Université Lyon 1
Eric TRIQUET, Université Grenoble 1, LEPS-LIRDHIST, Université Lyon 1
Wouter Van JOOLINGEN, University of Twente, Netherlands

COMITÉ D'ORGANISATION

Catherine LOISY (responsable), EducTice-INRP, Lyon
Valérie EMIN, EducTice-INRP, Lyon
Réjane MONOD-ANSALDI, ACCES-INRP, Lyon
Jana TRGALOVA, EducTice-INRP, Lyon, LIG, Université Grenoble 1
Eric TRIQUET, Université Grenoble 1, LEPS-LIRDHIST, Université Lyon 1

COMITÉ ÉDITORIAL

Laetitia BUENO-RAVEL, CREAD, Université de Bretagne Occidentale
Valérie EMIN, EducTice-INRP, Lyon
Catherine LOISY, EducTice-INRP, Lyon
Réjane MONOD-ANSALDI, ACCES-INRP, Lyon
Jana TRGALOVA, EducTice-INRP, Lyon, LIG, Université Grenoble 1
Eric TRIQUET, Université Grenoble 1, LEPS-LIRDHIST, Université Lyon 1

Avant-propos

Les journées scientifiques DIES 2010 « Démarches d'investigation pour l'enseignement des sciences : quelles ressources pour les enseignants ? Quelle place pour le travail collectif ? » se sont déroulées les 24 et 25 novembre 2010 à l'INRP – Lyon. Ces journées étaient organisées par les équipes EducTice et ACCES de l'INRP, en collaboration avec le LIRDHIST dans la perspective du laboratoire S2HEP. Elles ont été soutenues financièrement par le projet européen S-TEAM et le PPF Apprentice.

Le programme a comporté cinq conférences plénières, une table ronde, huit communications sur des recherches et six communications sur des innovations pédagogiques portant sur les DIES et quatre ateliers comportant chacun deux activités autour des démarches d'investigation pour l'enseignement des sciences. Ces actes sont le reflet de l'intérêt que les contributeurs ont porté aux journées DIES.

La première partie comporte les textes des conférenciers invités. Dans sa conférence d'ouverture, Bernard Calmettes replace les DIES dans le contexte des recherches internationales, puis interroge les pratiques ordinaires des enseignants qui mettent en œuvre les DIES. Les conférences de Cécile de Hosson, Ghislaine Gueudet et Andrée Tiberghien permettent de situer les DIES respectivement dans les trois thématiques du colloque, à savoir les représentations des enseignants, le travail collectif des enseignants et les ressources pour les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences.

Dans les seconde et troisième parties, sont présentées les communications respectivement sur des recherches et sur des innovations pédagogiques portant sur les DIES.

La quatrième partie offre des regards croisés sur les pratiques, avec une conférence de Dominique Rojat, doyen de l'Inspection général de sciences de la vie et de la Terre, et la présentation, par Sylvie Coppé, de la table ronde alimentée par les travaux des ateliers. Durant ces ateliers, des enseignants et des formateurs des différentes disciplines scientifiques ont montré leurs pratiques et exprimé leurs points de vue. La table ronde a mis en regard les témoignages de chercheurs ayant participé chacun à un atelier dont ils ont dégagé des perspectives scientifiques.

Enfin, la conclusion de Michela Maschietto permet de faire le point sur les apports de ces journées scientifiques.

Sommaire

Conférences plénières		7
Démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences et pragmatisme		
	<i>Bernard Calmettes</i>	8
La « démarche d'investigation » dans les collèges français		
Démarche d'investigation et formation	<i>Cécile de Hosson, Stéphanie Mathé, Martine Méheut</i>	19
Travail collectif des professeurs et démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences		
	<i>Ghislaine Gueudet</i>	30
Conceptions de ressources et recherche		
	<i>Andrée Tiberghien</i>	38
Communications sur des recherches		45
Expérimenter des problèmes de recherche innovants en mathématiques à l'école		
	<i>Gilles Aldon</i>	46
Tentative de détermination de l'authenticité des démarches d'investigation		
	<i>Jean-Yves Cariou</i>	57
Démarches d'investigation : conceptions et usages de ressources, impact du travail collectif des professeurs		
	<i>Rim Hammoud, Jean-François Le Maréchal, Luc Trouche</i>	67
Investigation, épistémologie et auto-didactique		
	<i>Frédéric Kapala</i>	77
L'investigation en MI-SVT : un chemin vers l'autonomie des élèves ?		
	<i>Réjane Monod et al.</i>	87
Composer des environnements : un accompagnement à la démarche de preuve ?		
	<i>Isabelle Puig-Renault</i>	98

Les jeux, des espaces de réflexivité permettant la mise en œuvre de démarches d'investigation	
<i>Éric Sanchez & Caroline Jouneau-Sion</i>	108
Communications sur des innovations pédagogiques	118
Scénarios pour une pédagogie du projet	
<i>Pierre Bénech</i>	119
Les critères de scientificité : un outil pour distinguer sciences et pseudosciences ?	
<i>Estelle Blanquet & Éric Picholle</i>	124
Analyse de trois stratégies de mise en œuvre d'une même démarche de projet en sciences à l'école élémentaire	
<i>Bernard Darley & Philippe Prévost</i>	130
Exemple de démarche d'investigation : ateliers scientifiques pluridisciplinaires en classe de seconde et travail collaboratif	
<i>Catherine Grisolia et al.</i>	136
Comment varie la masse des œufs au cours de l'incubation ?	
<i>Frank James & Bernard Darley</i>	140
Un dispositif technopédagogique pour l'investigation en biologie : éléments de bilan après sept ans	
<i>François Lombard</i>	146
Math-Bridge : investigation en remédiation individualisée lycée/université	
<i>Christian Mercat</i>	152
Regards croisés sur les pratiques	158
Démarche d'investigation, ressources, travail collectif	
<i>Dominique Rojat</i>	159
Table ronde : mise en œuvre des démarches d'investigation dans les pratiques ordinaires des élèves et des enseignants	
<i>Sylvie Coppé Jean-Marie Boilevin, Jean-Luc Dorier, Patricia Marzin, Éric Triquet</i>	163
Conclusion et perspectives	190

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). Familiale 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 apparaissaient 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
J1 Caractérisation de la façon dont les enseignants se sont approprié la DI.	J1 Questionnaire initial : les stagiaires expriment leurs idées sur la DI (traits spécifiques, difficultés de mises en œuvres, exemples).
J1 Explicitation des programmes autour des notions d'obstacles cognitifs, de conception et de situation-problème. Savoirs visés : J1 Savoir ce qu'est une conception/Distinguer conception, difficulté récurrente, réponse d'élève à une question. Savoir-faire associés : J1 Savoir repérer une conception J2 Savoir construire un problème en référence à une conception identifiée ou connue.	J1 Apports didactiques sur les conceptions + exemples de conceptions associées aux savoirs en jeu dans les programmes de 5 ^e et 4 ^e . 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. 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.

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 stœchiometry : 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., Koulaidis, 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 & Gadaniadis, 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. Fuglestad (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).

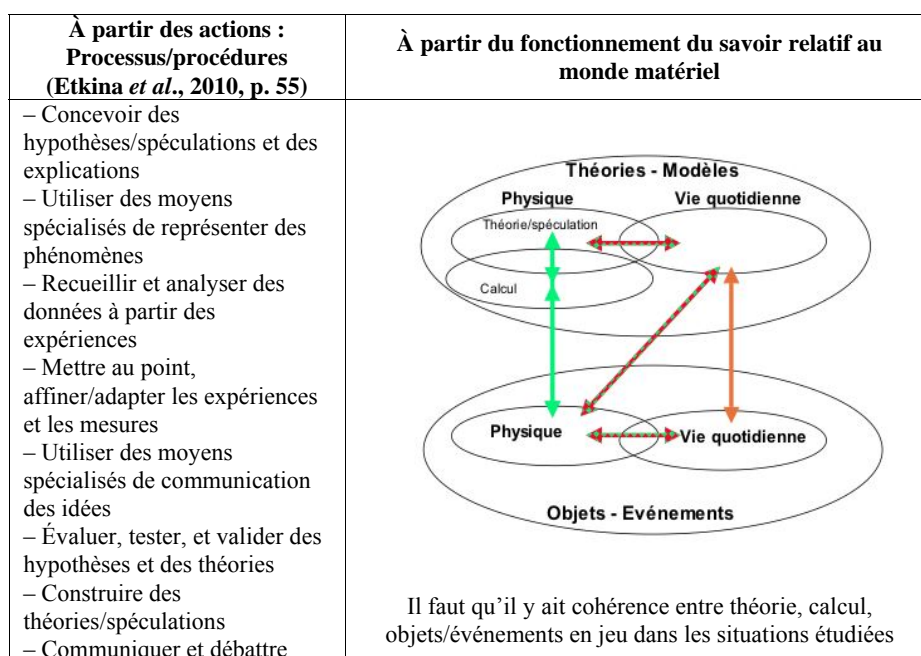


Figure 1. Grille d'analyse des activités d'investigation combinant des processus/procédures possibles (issues de Etkina *et al.*, 2010, les processus « communiquer et débattre » ont été rajoutés par nous)

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.

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)	Analyse à partir de la grille (figure 1)
<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 ?</p> <p>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 »</p> <p>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.</p> <p>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></p> <p>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.

Communications sur des recherches

Expérimenter des problèmes de recherche innovants en mathématiques à l'école

Gilles Aldon

Equipe EducTice – INRP
19, Allée de Fontenay
69007 Lyon
gilles.aldon@inrp.fr

LEPS-LIRDHIST - Université Lyon 1
La Pagode - 38 Bd Niels Bohr
69622 Villeurbanne CEDEX
gilles.aldon@univ-lyon1.fr

RÉSUMÉ. De nombreuses expériences ont eu lieu depuis près de vingt ans tant au collège, qu'à l'école élémentaire et au lycée, concernant la mise en œuvre de problèmes de recherche en mathématiques dans différents contextes. Elles montrent clairement les apports en termes d'apprentissage de la démarche scientifique : développement d'heuristique, élaboration de conjectures, mobilisation d'outils de contrôle et de validation etc., elles montrent aussi la possibilité d'insérer des situations de ce type en classe. Pour autant, bien que de telles situations de recherche continuent à vivre, et, malgré un certain nombre de recommandations institutionnelles, elles ne se sont pas généralisées. C'est pourquoi, l'équipe EXPRIME a mis au point une ressource à destination des enseignants dont le but est de favoriser la mise en place de problèmes de recherche dans la classe. Cette ressource est éditée par l'INRP (EXPRIME, 2010). Cet article montre en quoi cette ressource peut favoriser des démarches expérimentales dans des situations de recherche de problèmes en mathématiques.

MOTS-CLÉS : problèmes de recherche, problèmes ouverts, démarches, approche expérimentale.

KEYWORDS : research problems, inquiry based learning, experimental approach.

Introduction

La référence classique de l'introduction en classe de problème de recherche est de mettre l'élève dans une position permettant sous certains aspects la reproduction de la position de chercheur. L'accent est mis alors sur les heuristiques et sur le développement de compétences liées au processus de preuve et à l'argumentation. Cependant, ce n'est pas la seule fonction de la résolution de problème. Celle-ci induit en effet la reconstruction des outils ou la construction de nouveaux par un va-et-vient de l'outil à l'objet, utilisation d'essais, d'expérimentation de divers types, ajustement des résultats et des hypothèses qui peuvent s'en déduire. En effet, si l'aspect hypothétique-déductif est celui qui est donné à voir dans la mathématique achevée, celle qui est organisée et rendue publique, celle qui permet d'avancer rapidement dans l'exposé de la construction formelle des savoirs, la construction de ces savoirs par les chercheurs se fait à travers la résolution de problèmes et l'élaboration progressive de théories, dans lesquelles l'élaboration d'une axiomatique appropriée permet progressivement de diminuer la part des propriétés portées par l'intuition des objets au profit des opérations que les axiomes déclarent licites. Les formes de travail du contexte de découverte tâtonnantes et raisonnées à la fois sont, en fait, celles utilisées en situation de résolution de problème (Aldon *et al.*, 1997).

Dans ces conditions le travail de l'équipe de recherche EXPRIME (INRP-IUFM-Université de Lyon) consiste d'une part à mettre au point une ressource à destination des professeurs de mathématiques et d'autre part à en étudier l'impact sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Après avoir présenté la ressource et les hypothèses qui ont conduit à son élaboration, nous montrerons en quoi cette ressource permet de favoriser la mise en place de démarches expérimentales en mathématiques en nous appuyant sur les expérimentations faites avec des enseignants en formation et des élèves en classe. Dans cette communication, nous limiterons notre propos, en lien avec la thématique 2 des journées, à décrire l'impact d'une ressource sur la mise en place d'une séquence d'enseignement reposant sur une démarche d'investigation en nous appuyant en particulier sur les points deux et trois de la méthodologie décrite ci-après.

1. Présentation générale de la ressource

De nombreuses expériences ont eu lieu depuis près de vingt ans à l'école élémentaire, au collège et au lycée, concernant la mise en œuvre de problèmes de recherche en mathématiques dans différents contextes en France (Arsac *et al.*, 1991 ; Charnay, 1996 ; Aldon & Tisseron, 1998 ; Peix & Tisseron, 2003 ; Arsac & Mante, 2007...), ou à l'étranger (Schoenfeld & Hermann, 1982 ; Pajares & Miller, 1994...). Elles montrent clairement les apports en termes d'apprentissage de la démarche scientifique : développement d'heuristique, élaboration de conjectures, mobilisation d'outils de contrôle et de validation etc. Pour autant, bien que de telles

situations de recherche continuent à vivre, et, malgré un certain nombre de recommandations institutionnelles, elles ne se sont pas généralisées.

Nous faisons l'hypothèse que, parmi les freins à ce développement, les points ci-dessous sont déterminants :

1. La part importante de la dimension expérimentale dans le travail de recherche rentre en conflit avec la représentation contemporaine dominante parmi les enseignants, et au-delà dans la société, de ce que sont les mathématiques.
2. L'accent mis principalement dans l'approche des problèmes de recherche sur le développement de compétences transversales liées au raisonnement, en laissant au second plan les apprentissages sur les notions mathématiques en jeu, est en opposition avec les contraintes institutionnelles qui pèsent sur les professeurs, en particulier en ce qui concerne l'avancement dans le programme.
3. Les difficultés pour le professeur à repérer ce qui relève des mathématiques dans l'activité des élèves lorsqu'ils cherchent des problèmes « ouverts », et par suite à choisir ce que l'on peut institutionnaliser à l'issue du travail en lien avec les programmes de la classe.
4. Les difficultés rencontrées par les professeurs pour évaluer ce type de travail, compte tenu de ce que les modes d'évaluation habituels ne sont pas appropriés.

Nous nous sommes appuyés depuis trois ans sur un corpus de problèmes dont les potentialités avaient été repérées à l'IREM de Lyon (IREM, 1996). À l'épreuve d'expérimentations nombreuses, leur richesse s'est confirmée et a permis d'aboutir à la réalisation d'une ressource numérique étoffée qui repose sur l'analyse de situations mathématiques tant dans leur aspect mathématique, historique et didactique (Aldon, 2008 ; Gardes, 2009 ; Front, 2010). Cette ressource numérique est conçue pour être étudiée suivant des parcours variés (Aldon & Durand-Guerrier, 2009). Dès l'entrée, il est possible de parcourir des textes théoriques concernant la dimension expérimentale en mathématiques (Dias, 2008 ; Kuntz, 2007 ; Aldon, 2008). Il est également possible de comprendre les intentions des auteurs de la ressource en parcourant une présentation générale et le curriculum vitae (au sens donné par Guin & Trouche [2008] dans l'expérience SFoDEM) de la ressource. Enfin les situations sont présentées en suivant une structure commune :

- Situation mathématique
- Objets mathématiques potentiellement travaillés
- Situations d'apprentissage
- Références
- Synthèse
- Situations connexes

2. Usage de la ressource

L'évaluation par inspection, c'est-à-dire une évaluation des caractéristiques de la ressource réalisée par des « experts » a permis à l'équipe EXPRIME de proposer un cadre général de la ressource ; l'évaluation empirique, qui consiste à « interpréter les performances des usagers à qui l'on a prescrit une tâche, et plus généralement à interpréter leurs comportements, attitudes, opinions » (Tricot *et al.*, 2003, p. 392) donnera un cadre général à la méthodologie décrite ci-dessous.

2.1. Méthodologie et cadre théorique

La théorie des situations didactiques (Brousseau, 1998) propose un cadre théorique de l'apprentissage par des processus d'adaptation de l'apprenant à son environnement. En particulier, le concept de milieu décrit comme « *le système antagoniste du système étudié* » (*ibidem*) permet de modéliser à la fois l'élève dans son apprentissage et le professeur dans la conception de ses séances de cours et de son enseignement. Cette modélisation repose sur la structuration du milieu décrite par Brousseau puis développée et affinée par Margolinas (2004) et illustrée par le tableau suivant dans lequel P et E peuvent être considérés comme des « places » du professeur et de l'élève dans des postures différentes :

Niveau	P	E	Situation	Milieux
3	P-noosphérien		Situation noosphérique	Milieu de construction
2	P-constructeur		Situation de construction	Milieu de projet
1	P-projeteur	E-réflexif	Situation de projet	Milieu didactique
0	Professeur	Elève	Situation didactique	Milieu d'apprentissage
-1	P-en action	E-apprenant	Situation d'apprentissage	Milieu de référence
-2	P-observateur	E-agissant	Situation de référence	Milieu objectif
-3	P-organisateur	E-objectif	Situation objective	Milieu matériel

Tableau 1. *La structuration des milieux*

La situation S est constituée des rapports existants entre M, E et P et à un niveau n, le milieu de niveau n étant la situation de niveau n-1 : $M_n = S_{n-1} = \{M_{n-1}, P_{n-1}, E_{n-1}\}$. Les niveaux positifs constituent les situations surdidactiques et les niveaux négatifs, les niveaux a-didactiques. Cette structuration des milieux permet alors d'analyser une situation suivant deux points de vue :

- le point de vue du professeur dans une analyse descendante, depuis le P-noosphérien confronté à un milieu de construction jusqu'au P-organisateur de la situation a-didactique (analyse descendante) ;

- le point de vue de l'élève confronté à un milieu matériel et profitant des rétroactions de ce milieu pour organiser des expériences sur les objets mathématiques potentiellement mobilisables dans la situation (analyse ascendante).

La méthodologie mise en place pour tenter d'évaluer l'impact de la ressource sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques repose sur une ingénierie didactique (Artigue, 1990) classique : le constat de l'usage des problèmes de recherche dans la classe de mathématiques nous apparaît comme non entièrement satisfaisant ; partant de ce manque d'un élément du système didactique, une analyse de ce point de fonctionnement débouche sur la nécessité d'apporter une aide par l'intermédiaire d'une ressource à destination des professeurs et la présente étude tend à montrer l'effet de l'usage de cette ressource sur le système.

Pour atteindre ce but, la méthodologie a été construite sur une expérimentation en trois phases :

1. participation à un stage de formation continue des enseignants sur le thème « des problèmes dans la classe », observation à cette occasion de la prise en main de la ressource par des professeurs dans une situation de préparation d'une séance de classe ;
2. observation de la mise en place dans la classe d'un professeur d'une séance de recherche de problèmes ;
3. entretien avec le professeur de la classe.

Ces trois phases s'articulent entre elles dans le but d'arriver à un théorème d'existence : la ressource peut s'intégrer au milieu de projet du professeur (analyse descendante) pour lui permettre d'organiser les milieux des élèves dans une situation de recherche de problème en classe (analyse ascendante). Mais ces trois phases ont également des objectifs spécifiques en termes d'évaluation de la ressource et de sa position dans les milieux du professeur

1. étude de l'utilisabilité de la ressource au sens de (Tricot *et al.*, 2003) et étude de la position de cette ressource dans les milieux des professeurs ;
2. étude de l'utilité de la ressource et de la construction par le professeur du milieu des élèves leur permettant un apprentissage ;
3. étude de l'acceptabilité de la ressource et évolution de la position de la ressource dans le milieu du professeur.

2.2. Mise en œuvre d'une situation *EXPRIME*

Dans le cadre d'un stage de formation continue, la ressource *EXPRIME* a été présentée au groupe de stagiaires dans un temps d'élaboration d'une expérimentation d'une séquence de recherche de problème dans la classe. Les stagiaires avaient alors comme consigne de mettre en œuvre cette situation dans la classe et d'en rendre compte quelque temps après. C'est cette appropriation par une

professeur (appelée Camille dans ce texte) et la séance de classe construite qui est l'objet de ce paragraphe.

Des observations de classe et de l'entretien avec Camille, nous retiendrons ici les éléments permettant de mettre en évidence le rôle de la ressource dans la mise en place de démarches d'investigation dans la classe de mathématiques en nous appuyant sur une analyse descendante de la situation. Les effets sur les apprentissages résulteront d'une analyse ascendante à partir des observations de classe, et en particulier d'un groupe de quatre élèves. Pour ce faire, à partir de l'entretien, nous montrerons en quoi la position de la ressource dans le milieu du professeur peut favoriser les démarches d'investigation des élèves dans une situation de recherche de problèmes, et dans un deuxième temps, comment les expériences sur des objets naturalisées permettent de faire émerger des connaissances sur des objets en cours d'acquisition.

Camille, lors du stage de formation a choisi une situation mathématique présentée dans la ressource. Il s'agit de la situation des nombres pyramidaux, dont une déclinaison comme situation de classe (EXPRIME, 2010) s'exprime comme suit :

« *Quels sont les nombres entiers naturels qui sont somme d'au moins deux entiers naturels consécutifs ?* »

Sans rentrer dans les détails des développements mathématiques de la situation, mais pour mieux comprendre les extraits des recherches, ce problème peut être abordé en considérant la forme des nombres obtenus en faisant la somme de n nombres consécutifs (n étant un nombre naturel supérieur ou égal à deux) ; ainsi, pour $n = 2$, les nombres obtenus sont les impairs, pour $n = 3$, les nombres de la forme $3k + 3$, et d'une façon générale pour n , les nombres de la forme

$$nk + \frac{(n-1)n}{2}$$

En prolongeant le raisonnement, on montre alors que tous les entiers strictement positifs sont atteints sauf les puissances de 2. En effet, si on pouvait obtenir une puissance de deux, on aurait :

$$2nk + (n-1)n = 2^p \text{ soit } n(2k + n-1) = 2^p$$

et comme les deux facteurs ne peuvent être simultanément pairs, cette égalité ne peut jamais se réaliser. Il suffit alors de montrer que tous les autres nombres sont atteints pour achever la démonstration. Si N est un nombre naturel qui n'est pas une puissance de deux, alors $2N$ peut s'écrire comme le produit d'un pair et d'un impair :

$$2N = i \times p \text{ et } 2N = n(2k + n-1)$$

si $i < p$ alors il suffit de poser $n = i$ et $p = 2k + n - 1$, soit

$$k = \frac{p - n + 1}{2}$$

si $i > p$ alors il suffit de poser $n = p$ et $i = 2k + n - 1$, soit

$$a = \frac{i - n + 1}{2}$$

C'est cette formulation que Camille a retenue dans sa mise en œuvre en classe de première S dans deux groupes de travaux dirigés. Dans l'entretien qui a suivi l'expérimentation, nous pouvons extraire des éléments permettant de mettre en évidence la place de la ressource dans le milieu de Camille ; sans que la question n'ait été posée, elle évoque son utilisation dans la préparation de la séance de classe :

« On a exprimé de façon générale la façon d'écrire un nombre comme somme d'entiers consécutifs, la démonstration que vous avez faite sur votre, euh, votre CD, et puis on a vu... » ;

évoquant reprise un peu plus tard, la ressource étant vue comme un outil d'aide au travail de préparation, donc faisant partie du milieu de projet de l'enseignant. Plus spécifiquement, à la question « quand tu préparais ce problème, tu as utilisé la ressource », la réponse montre bien la position de la ressource comme un élément essentiel de la préparation :

« Oui, oui... J'ai utilisé, j'ai regardé tout ce que vous aviez proposé autour du problème sur la ressource, ah oui... je pense que sans la ressource je n'aurais pas fait ce problème, parce que ça m'aurait demandé trop de temps pour faire moi-même tout ce que vous avez déjà fait... je l'aurais pas fait ! Donc, oui, oui... »

Il est intéressant de noter que les éléments de gestion de classe, comme les analyses du problème et les objets mathématiques potentiellement travaillés ont été extraits des différentes rubriques proposées dans la ressource. Ces indices montrent bien la familiarité de Camille avec la ressource et permettent d'affirmer que, dans cette expérimentation, la ressource a bien été intégrée au milieu de projet de cette professeur. Ainsi, dans les expérimentations en classe, la présentation aux élèves reprend les éléments de scénario présentés dans la ressource :

« Oui, je m'en suis servie de ça, les cinq minutes individuelles, et puis après la recherche collective, les productions d'élèves... J'ai lu, déjà pour imaginer ce qu'ils auraient pu produire, j'ai surtout lu ce que vous aviez mis en ligne, au collège, au lycée, ça aide bien à se préparer... Moi, je ne me suis pas préparée avec autre chose que la ressource ; j'ai passé un petit moment à regarder ce qui avait été fait, parce que c'est quand même riche. »

Cette appropriation par le professeur a conduit à la construction d'une situation a-didactique permettant aux élèves de rentrer dans une démarche expérimentale en mathématiques comme en témoignent les observations des groupes dans la position de recherche de ce problème. Par exemple, ce groupe observé composé d'un garçon

(G) et de trois filles (F1, F2, F3) construit dans une série d'expériences à partir des éléments de leur milieu matériel comportant entre autres leurs connaissances naturalisées sur les nombres entiers naturels ; dans cet extrait du dialogue, les élèves considèrent les suites de n nombres consécutifs, et après avoir remarqué que la somme de deux nombres consécutifs est un nombre impair, s'attaquent aux suites de trois, quatre, etc. nombres consécutifs :

[F2] Ça commence à six ? Non six, sept huit.

[F1] Dix, ça commence à dix c'est zéro plus un plus deux plus trois plus quatre.

[F2] Ouais... Donc la suivante, ça sera ?... cinq ça commence à combien ?... Non, c'est de trois nombres que ça commence à six ! Celle de quatre nombres, elle commence à dix.

[F1] On prend pas zéro ?... zéro plus un plus deux plus trois ?

[F2] Ah ouais... c'est pas bête... Donc après ça fera dix plus... non... si... zéro plus... ça commencera à dix après ?

[F1] Ouais... Entre chaque nombre ça augmente de deux, après de trois après de quatre.

[F2] Ouais, ça augmente le même nombre que ça.

[G] Ouais ça augmente du nombre de chiffres qu'on additionne.

Les expériences réalisées sur les nombres permettent au groupe d'avancer une conjecture donnée dans la langue naturelle et qu'il s'agira ensuite de formaliser, de rendre opérationnelle et de démontrer dans une dynamique des milieux, les objets mathématiques manipulés évoluant du milieu matériel au milieu objectif au gré des expériences et des stabilisations successives des formules mises au point :

[F1] donc là ça augmentera de cinq donc ça fera quinze... ça fait quinze plus six x . [elle écrit : $1 + 2x$ 2 nombres, $3 + 3x$ 3 nombres, $6 + 4x$ quatre nombres, $10 + 5x$ 5 nombres...]

Dans ces courts extraits des dialogues entre les élèves du groupe, il apparaît clairement que les résultats obtenus écrits dans le formalisme habituel de l'algèbre élémentaire proviennent de manipulations sur les nombres naturels, objets naturalisés de leur milieu matériel. Cette transformation contribue d'une part à l'amélioration de la connaissance des nombres et stabilise l'écriture algébrique qui ne fait pas encore partie de leurs objets *opérationnels*.

L'ingénierie décrite et les résultats des observations et de l'entretien montrent que la ressource placée dans le milieu de construction des enseignants dans une phase d'action peut être mobilisée dans un milieu de projet et être un élément important de la construction et de la mise en place d'une situation de recherche dans la classe. Elle permet par ailleurs de projeter un enseignant dans une vision des milieux objectifs des élèves et de jouer un rôle dans la compréhension des actions des élèves dans une situation de recherche de problèmes et de ce fait permettre une institutionnalisation des objets mathématiques manipulés dans les expériences réalisées dans le milieu objectif.

3. Conclusion

Le terme « démarche d'investigation » est plutôt utilisé dans les enseignements des sciences expérimentales. Dans cet article, nous avons montré que la part expérimentale des mathématiques peut s'inviter dans la classe et que la ressource EXPRIME peut être un élément important de la panoplie de ressources des enseignants pour favoriser la construction de situations dans lesquelles les élèves construisent leurs connaissances en s'appuyant sur des expériences avec les objets mathématiques naturalisés. Ces expérimentations montrent à la fois à quel point l'utilisation de problèmes de recherche en classe de mathématiques est fondamentale pour faire fonctionner les connaissances des élèves et la difficulté pour un professeur de mettre en œuvre de telles situations sans des analyses *a priori* précises et des aides permettant de mettre en évidence les connaissances mobilisables dans des situations mathématiques problématiques.

Si on considère que l'apprentissage des mathématiques ne peut se résumer à l'appropriation d'un formalisme algorithmique mais questionne la signification des objets mathématiques, il est indispensable de proposer des situations d'exploration et de manipulation de ces objets permettant de se confronter à la complexité.

La ressource EXPRIME construite sur l'hypothèse du rôle fondamental de l'expérience en mathématiques dans le cadre de l'apprentissage, propose ces analyses et de ce fait peut apparaître comme un élément favorisant l'utilisation par les professeurs de démarches d'investigation dans leur enseignement des mathématiques. Les situations proposées permettent l'intégration dans le milieu objectif des élèves des objets mathématiques repérés comme constitutifs de la situation mathématique et favorisent l'institutionnalisation des connaissances.

Cette étude permet également de mettre en évidence des questions qu'il s'agirait de prendre en compte pour faciliter l'usage de problèmes de recherche dans la classe de mathématiques liées à la gestion de la classe par le professeur et aux indices que le P-observateur peut recueillir dans une situation a-didactique pour faciliter les phases d'institutionnalisation. En particulier, en quoi le repérage et la gestion des incidents peuvent révéler les dynamiques de l'appropriation des connaissances en jeu.

4. Bibliographie

- Aldon, G. & Durand-Guerrier, V. (2009). Ressource pour la mise en place de problèmes de recherche dans la classe. In A. Kuzniak et M. Sokhna (dir.), *Actes du colloque EMF 2009*, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.
- Aldon, G. (2008). *Analyse du rôle d'une ressource numérique dans la mise en place de problèmes de recherche dans la classe de mathématiques*. Mémoire de Master HPDS, Université Lyon 1.

- Aldon, G., Duchet, P., Feurly-Reynaud, J., Legrand, M., Mizony, M., Payan, C., Tisseron, C. (1997). *Développer la recherche scientifique à travers l'étude de situations mathématiques*. IREM de Lyon, Villeurbanne.
- Aldon, G. & Tisseron, C. (1998). Des situations pour mettre en œuvre une démarche scientifique au lycée. In *Actes du colloque Recherche et Formation*, IUFM de Grenoble.
- Arsac, G., Germain, G., Mante, M. (1991). *Problèmes ouverts et situation-problème*. IREM de Lyon, Villeurbanne.
- Arsac, G. & Mante, M. (2007). *Les pratiques du problème ouvert*. CRDP Lyon.
- Artigue, M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherche en didactique des mathématiques* 9 (3), 281-308.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. La Pensée Sauvage éditions.
- Charnay, R. (1996). *Pourquoi des mathématiques à l'école ?* ESF éditeur, Paris.
- Dias, T. (2008). L'intégration de la dimension expérimentale des mathématiques dans des situations d'enseignement et de formation. Thèse de doctorat, Université Lyon 1.
- EXPRIME (2010). *Expérimenter des problèmes de recherche innovants en mathématiques à l'école*. Cédérom, INRP.
- Front, M. (2010). *Pavages semi-réguliers du plan. Elaboration d'une situation favorable à la dialectique théorie-objets*, Mémoire de Master HPDS, Université Lyon 1.
- IREM (1996). *La feuille à problèmes* 63-64. IREM de Lyon, http://math.univ-lyon1.fr/irem/IMG/pdf/feuille_a_problemes.pdf.
- Kuntz, G. (2007). Démarche expérimentale et apprentissages mathématiques, *Dossier de la VST*, avril 2007, INRP, http://www.inrp.fr/vst/Dossiers/Demarche_experimentale/sommaire.htm.
- Gardes, M.-L. (2009). *Conjecture d'Erdős-Straus : étude mathématiques et didactique*. Mémoire de Master HPDS, Université Lyon 1.
- Guin, D. & Trouche, L. (2008). Un assistant méthodologique pour étayer le travail documentaire des professeurs : le cédérom SFoDEM. *Repères-IREM* 72, 5-24.
- Margolinas, C. (2004). *Points de vue de l'élève et du professeur. Essai de développement de la théorie des situations didactiques*. Habilitation à diriger des recherches, Université de Provence.
- Pajares, F. & Miller, D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: a path analysis. *Journal of Educational Psychology* 86 (2), 193-203.
- Peix, A. & Tisseron, C. (2003). Concepts didactiques pour analyser et réorganiser une formation à la conduite de problèmes de recherches à l'école élémentaire. In V. Durand-Guerrier & C. Tisseron (eds), *Actes du séminaire national de Didactique des Mathématiques*, année 2002, IREM Paris 7.
- Schoenfeld, A.H. & Herrmann, D.J. (1982). Problem perception and knowledge structure in expert and novice mathematical problem solvers, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition* 8 (5), 484-494.

Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G. & Morcillo, A. (2003).
Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de
l'évaluation des EIAH. *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*
2003, Strasbourg, France.

Tentative de détermination de l'authenticité des démarches d'investigation

Jean-Yves Cariou

*Laboratoire de Didactique et d'Épistémologie des Sciences (LDES)
Université de Genève
40, Bd du Pont-d'Arve
CH-1205 Genève*

*Université Paris Sorbonne – IUFM
10, rue Molitor
75016 Paris
jean-yves.cariou@paris.iufm.fr*

RÉSUMÉ. Prendre appui sur les itinéraires suivis par les chercheurs pour faire mener aux élèves des investigations en classe est une idée ancienne. Elle a cependant conduit, dans l'histoire de l'enseignement des sciences en France, à des consignes divergentes, parfois même diamétralement opposées. Un virage épistémologique a eu lieu dans les instructions à la fin des années soixante, vers davantage de conformité avec les procédures en cours dans la recherche scientifique. Les pratiques sont néanmoins restées fortement imprégnées des conceptions empiristes et inductivistes des enseignants. Cet article, revenant sur cette évolution, extrait le « noyau dur » commun à différents descriptifs didactiques des démarches d'investigation en classe basés sur des analyses épistémologiques et propose une tentative de détermination de critères d'authenticité pour l'élaboration, la comparaison ou le bilan de séquences d'investigation.

MOTS-CLÉS : démarche déductive, démarche inductive, démarche hypothético-déductive, esprit scientifique, critères d'authenticité

KEYWORDS : deductive approach, inductive approach, hypothetico-deductive approach, scientific mind, authenticity criteria

Introduction

Les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences sont nées d'un regard de professeur qu'on pourrait symboliquement décrire comme scrutant, par-dessus le mur de l'école, à travers les fenêtres du laboratoire voisin. Victor Host, pionnier de la didactique des sciences (1914-1998), résumait à la fin de sa vie les travaux de son équipe dans les années 1970, portant sur « la pratique d'une démarche de résolution de problème qui (...) comporte une investigation effective des enfants ». Il s'agit de « mimer certaines formes élémentaires du travail des chercheurs scientifiques », ce qui « donne un sens aux travaux pratiques englués dans l'ornière positiviste (expériences, observation, conclusion) » (Host, 1998). Aujourd'hui, les constats établis en didactique montrent qu'engager une classe dans une investigation en s'extrayant de cette ornière représente toujours une tâche délicate. Ils conduisent à s'interroger sur l'origine de cette difficulté et sur les moyens, au-delà d'exhortations institutionnelles générales aux effets limités, de tenter de la surmonter : comment les consignes officielles en France ont-elles contribué à creuser cette ornière ? Comment caractériser plus précisément les interactions entre problème, hypothèses et stratégies de mise à l'épreuve formant le cœur des démarches d'investigation ? Quels critères d'authenticité peut-on dès lors tenter de dégager pour ces démarches ? Cet article examine ces points avant de présenter une échelle d'authenticité élaborée dans le cadre d'une recherche de thèse, et certains éléments tirés de sa mise en œuvre par des enseignants.

1. Transposition des procédures des scientifiques

L'idée de transposer en classe le cheminement des scientifiques n'est pas nouvelle : le savoir, il faudrait « le faire comprendre si possible de la manière même dont il a été découvert », écrit Francis Bacon en... 1605. Il dénonce le fait que celui qui enseigne préfère une forme magistrale tandis que celui qui apprend « désire plutôt une satisfaction présente qu'une investigation » (1605, p. 184-185) – il utilise déjà le terme *inquiry*, et dans le même sens, en latin, *investigare* (1620, II, L, 3). Mais entre une séquence d'investigation menée en classe et le travail d'une équipe de recherche scientifique existe, nécessairement, un décalage irréductible. Prendre appui sur les procédures de laboratoire ne peut se faire sans simplifier, élaguer, adapter, accommoder. Encore faut-il posséder une vision exacte de l'activité scientifique, sans quoi c'est dans un costume de « savant » passablement déformé que l'on taille au jugé. Le risque de dénaturation est alors grand, risque dont on peut croire s'affranchir en conservant la part la plus visible du labeur des travailleurs de la science : les expériences et les conclusions. Pour ne pas se fourvoyer, les instructions officielles comportent des descriptifs des démarches à mettre en œuvre, dont voici deux exemples (*des termes sont mis en gras pour la comparaison*) :

Descriptif A	Descriptif B
La démarche pédagogique (...) comporte plusieurs étapes :	Il est d'usage de décrire une démarche d'investigation comme la succession d'un certain nombre d'étapes types :
- une étape d'analyse des faits et de l'environnement dans lequel ils s'insèrent ;	- une situation motivante suscitant la curiosité,
- un raisonnement qui intègre les divers paramètres fait apparaître le problème et permet de le poser avec précision ;	- la formulation d'une problématique précise,
- un effort d'imagination dans la recherche et pour la découverte de la ou des hypothèses , solutions possibles du problème ;	- l'énoncé d' hypothèses explicatives,
- la mise en œuvre des moyens expérimentaux permettant d' éprouver la valeur de ces hypothèses et d'approcher ainsi la vérité ;	- la conception d'une stratégie pour éprouver ces hypothèses , - la mise en œuvre du projet ainsi élaboré, - la confrontation des résultats obtenus et des hypothèses,
- enfin, la manifestation d'un esprit de synthèse dans la formulation et l' élaboration d'une conclusion, parfois d'une loi	- l' élaboration d'un savoir mémorisable

Tableau 1. Deux descriptifs des démarches en classe

Ces descriptions, assez voisines, paraissent très récentes. L'une l'est : le descriptif B, qui date de 2010. L'autre, beaucoup moins : elle remonte à 1968, et recommande sensiblement la même chose plus de quarante ans auparavant¹. Or, depuis tout aussi longtemps, bilans et études témoignent de l'écart entre ce type de prescriptions et les pratiques habituelles, où les élèves se bornent à faire des constats ou à appliquer les instructions fournies. Récemment, Gil-Pérez *et al.* (2005), Méheut (2006) ou encore Apostolou et Koulaidis (2010) rendent compte de la persistance de cet état de fait, tandis que continue à être signalé le bénéfice, pour les élèves, de prendre des risques intellectuels (Beghetto, 2009), considérer des explications alternatives (Minner *et al.*, 2010) et planifier des stratégies (Sadeh & Zion, 2009), approches prescrites par Lawson (2005) et Hofstein *et al.* (2008).

Ces auteurs mentionnent aussi l'obstacle que constituent les représentations courantes et les habitudes des enseignants. Elles sont le prolongement, en France, d'une longue tradition épistémologique : les réformateurs de 1902, qui introduisirent les travaux pratiques, ont fortement préconisé la *démarche inductive* qu'ils pensaient être celle des savants. Des faits on extrait la théorie, sans place pour l'imagination trompeuse, comme Newton qui proclamait ne pas faire usage d'hypothèses.

On se méfie des écarts des « jeunes imaginations » : le maître doit « les ramener par un énergique coup de barre dans la bonne route ». (Caustier, 1905, *in* Hulin,

1. A : Programmes de la classe de seconde, SVT, BO spécial du 29 avril 2010.

B : Circulaire du 17 octobre 1968, BO n° 1, 12 janvier 1969.

2002, p. 314). Le « modèle standard » de la pédagogie des sciences est alors fondé sur *le concret, l'observation, l'induction et l'activité*, tétrade qui, dans les discours, règne sans partage jusqu'au milieu du XX^e siècle – et que renforce l'émergence des *méthodes actives* malgré les protestations de leurs promoteurs qui, tels Dewey ou Piaget, dénoncent l'activité pour l'activité.

Un demi-siècle plus tard, pour l'inspecteur général Oubrède (1952), l'éducation « sans fatigue et avec joie » se fait toujours par *perception directe* et *induction continue*. On commence à « initier les enfants à la méthode expérimentale » : préparation de la chaux, distillation de la houille... Une conception pour le moins singulière de cette méthode. Une telle approche, qui prétend parvenir aux connaissances par quelques expériences rapides et sans tâtonnements, subit les foudres d'enseignants compétents en épistémologie, tels Gohau (élève de Canguilhem), bientôt rejoint par Giordan et Astolfi. Apparaît alors le texte de 1968 (descriptif A), qui provient d'un autre inspecteur général (Campan), aux orientations radicalement différentes. Astolfi (1990) y voit une « véritable rupture méthodologique » et, littéralement, l'acte de naissance des démarches d'investigation, avec une « pédagogie du problème », « un processus de recherche », une question scientifique qui soit « objet d'investigations ». Seulement les enseignants, bercés par plus de cinquante ans de propagande pour la démarche inductive, avaient fini par y être convertis. Mieux : leur pratique de classe était conforme à leur propre conception de la progression de la science, renforcée, notent Bomchil et Darley (1998), « par nombre de vulgarisations de l'histoire des sciences ». Et voilà qu'après avoir tant œuvré pour les y amener, on veut les y faire renoncer. Mais les habitudes sont prises, les élèves aiment manipuler et, moyennant parfois l'insertion d'une hypothèse – la bonne, vite extraite des propos des élèves –, la démarche reste inductive, les expériences ne servant souvent que d'illustration, d'application, ou encore de vérification de conclusions fournies par le professeur (Johsua & Dupin, 1993 ; Monchamp, 1993 ; Robardet & Guillaud, 1997).

Exigeants, les didacticiens des années soixante-dix s'imprègnent des analyses des épistémologues et des historiens des sciences, Bachelard, Popper et Grmek notamment, pour cerner les attitudes scientifiques à développer pour donner aux investigations davantage d'authenticité. Ce qui conduit en 1978 Astolfi, Giordan, Gohau, Host, Martinand, Rumelhard et Zadounaïsky à cosigner l'ouvrage *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* Dans la même optique, plus près de nous, différents didacticiens ont proposé des schématisations plus ou moins complexes les itinéraires scientifiques pour servir de support aux démarches en classe (Gil-Pérez, 1993 ; Robardet & Guillaud, 1997, p. 84-85 ; Giordan, 1999, p. 53).

2. Le noyau central des investigations scientifiques : PHyTe

Ces descriptifs mettent en relief les interactions entre problème, hypothèses et stratégies de mise à l'épreuve. Les analyses des historiens des sciences établissent en effet que la plupart des découvertes scientifiques se font dans un tel jeu de

relations. Un problème, souvent né de la confrontation entre idées anciennes et faits nouveaux, engendre plusieurs hypothèses, la forme prise par certaines d'entre elles pouvant modifier la formulation du problème. Chacune à son tour permet d'envisager plusieurs tests, dont la mise en œuvre peut modifier les termes du problème, favoriser l'éclosion d'une nouvelle hypothèse ou en transformer une. On peut extraire de ces analyses un « noyau dur » **PHyTe** (pour Problème – Hypothèses – Tests) au cœur des investigations scientifiques et représenter les liens forts entre ces trois phases par une analogie avec le modèle des trois quarks en interactions incessantes au sein des nucléons (voir figure 1).

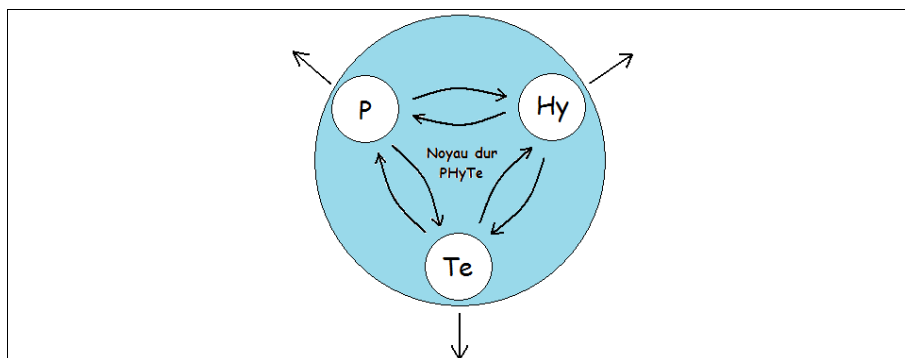


Figure 1. *Modèle des 3 quarks du noyau dur PHyTe des démarches de recherche*

Même si en classe, comme au laboratoire, des interactions en différents sens peuvent se produire et qu'une linéarité rigide y serait néfaste, un sens général peut être dégagé : un problème scientifique (P) apparaît lorsque quelque chose fait obstacle à la compréhension, est énigmatique, ne s'intègre pas dans les idées communes. John Dewey parlait, à ce propos, de la « morsure » d'une question (1909, p. 207). Les hypothèses imaginées (Hy) sont des tentatives de solution, dont la survie est menacée par l'instauration de tests (Te), épreuves pour lesquelles Popper parle de *sélection naturelle des hypothèses*, seules les plus aptes survivent (1979, p. 392).

Quels que soient les éventuels ajustements ou les hypothèses apparues chemin faisant, celles qu'on retient doivent être soumises à des contrôles. Le fil conducteur de l'investigation conduit, dans cette description simplifiée, de la recherche d'explications aux explications provisoires à éprouver, puis aux épreuves elles-mêmes : la ligne d'ensemble qui ceint le noyau dur PHyTe (figure 2) résume le travail qui s'y opère.

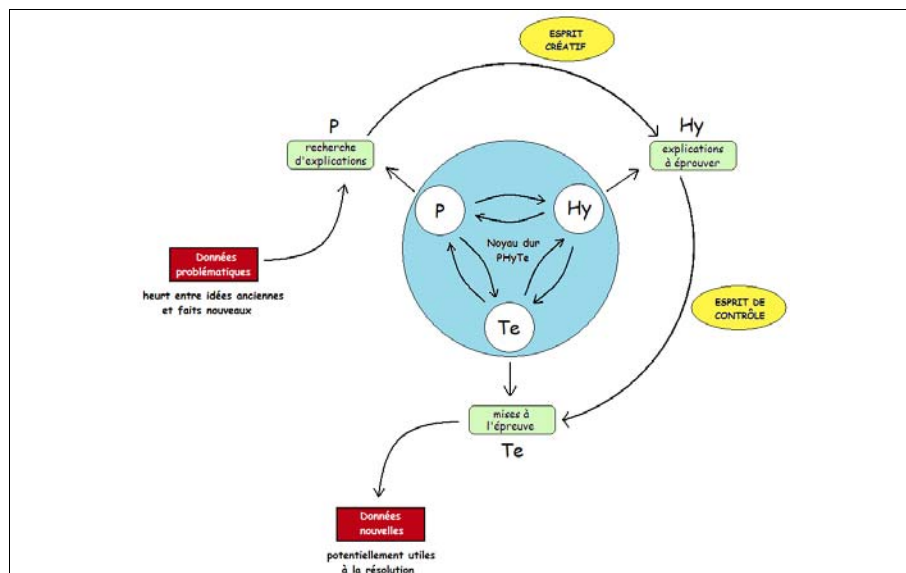


Figure 2. Fil conductrice de l'investigation au sein du noyau dur PHyTe

L'*esprit créatif* est à l'œuvre au sein de ce noyau dur, essentiellement dans l'élaboration des hypothèses (mais aussi dans la conception de tests appropriés), et l'*esprit de contrôle* dans leur soumission aux épreuves conçues (Cariou, 2007, p. 99). Le noyau dur **PHyTe** s'identifie aisément au cœur des descriptifs A et B considérés précédemment. Il est détectable aussi dans les 7 moments du « canevas d'une séquence » des programmes actuels de SVT de collège que l'on peut proposer de résumer, en gardant à l'esprit les bifurcations et retours en arrière toujours possibles, par la formule **SPHÉRIC** (Situation de départ – **P**roblème – **H**ypothèses – **É**preuves – **R**ésultats – **I**nterprétations – **C**onclusions), alors que la succession effective dans les classe correspond habituellement à un enchaînement linéaire **OPAC** (Observation – **P**roblème – **A**ctivités (imposées) – **C**onclusion).

Pour qu'au cours des démarches d'investigation s'exercent l'esprit créatif comme l'esprit de contrôle, il importe de veiller à ce que leur jeu ne soit ni entravé, ni anéanti par des interventions intempestives du professeur, ce qui pourra être d'autant mieux évité que seront respectés certains *critères d'authenticité*.

3. Dix critères d'authenticité pour deux esprits scientifiques

Investigare c'est, étymologiquement, suivre la trace de pas (*vestigium*). En ayant l'initiative, le choix des pistes, le droit d'en changer : le terme renvoie aux enquêtes des journalistes et des détectives, qui sont effectivement *en quête* : (d'indices, à détecter, de confirmations de leurs idées, parfois réfutées) mais sans se laisser dicter où regarder, quelle information contrôler, quel document expertiser. Engager des élèves dans une investigation, c'est vouloir qu'ils suivent des pistes parce qu'il leur

semble y flairer quelque chose, qu'ils enquêtent en s'attachant à tenter de résoudre un problème avec leurs propres forces intellectuelles, qu'ils se portent vers la résolution par leurs résolutions. Toute étude ou toute activité ne peut être considérée comme une investigation, sans quoi ce terme subit une extension telle qu'il y perd son sens, et son usage, tout intérêt : autant en rester à « activité ». Le critère d'activité, de mouvement, n'est donc pas un critère d'authenticité d'une investigation, même si entreprendre un travail pratique y a toute sa place -et non toute la place ou presque.

Afin de développer l'échelle à trois niveaux élaborée par Schwab (1962, p. 55), promoteur de l'*inquiry teaching* dans les années 1960, nous avons retenu dix critères (C1 à C10) comme gages d'authenticité : le fait que le problème (C1) présente un caractère énigmatique mais soit à portée des élèves et (C2) leur soit réellement posé ; que les hypothèses (C3) proviennent des élèves, (C4) qu'un débat entre eux sur leur recevabilité soit instauré et que (C5) celles retenues aient un aspect douteux ; que les activités soient (C6) conçues par eux afin d'éprouver leurs idées, (C7) qu'ait lieu un débat sur leur pertinence et (C8) qu'aucune ne porte sur des faits évidents ni ne soit sans lien direct avec le fil conducteur de l'investigation ; que (C9) une nouvelle phase de débat s'ouvre au moment d'interpréter les résultats obtenus, et que (C10) les conclusions soient élaborées par les élèves et non dictées. Ces critères correspondent à des éléments jugés essentiels par différents auteurs, tels l'instauration d'un « débat scientifique dans la classe » (Johsua & Dupin, 1993, p. 335-336) ; la possibilité d'émettre des hypothèses alternatives (Lawson, 2005 ; Minner *et al.*, 2010) ; la prise de risque intellectuel et la mise en jeu de la créativité (Beghetto, 2009) ; l'argumentation et la justification des assertions, la sélection des hypothèses plausibles parmi des explications en compétition et la conception d'expériences pour tester diverses hypothèses (Hofstein *et al.*, 2008) ; la prise de décisions et la planification de tous les aspects d'une investigation ouverte (Sadeh & Zion, 2009).

L'échelle d'authenticité peut servir d'étalon pour comparer le niveau atteint par différentes séquences, en attribuant zéro ou un point pour chaque critère selon qu'il paraît respecté ou non. Elle peut aussi constituer une aide pour l'enseignant désireux, lorsqu'il prépare sa séquence ou au moment où il y revient, de mesurer l'écart pouvant exister entre celle-ci et ce qu'il est possible de demander aux élèves, chaque niveau pouvant correspondre à une suggestion pour accroître leur implication, leur initiative, leur part dans l'enquête qu'on souhaite leur faire mener.

Critères d'authenticité	versus...
C1 - Problème : qualité	
Problème représentant, pour les élèves, une énigme , un obstacle , une rupture , une « morsure » (Dewey)	« Problème » non énigmatique, ou trop général pour être suivi d'hypothèses
C2 - Problème : raison d'être	
Problème mobilisant les forces intellectuelles des élèves, pour être résolu à partir de leurs propositions	« Problème » ne servant que de cadre à des activités imposées, sans attendre des propositions d'élèves le concernant

C3 - Hypothèse(s)* : Origine	
Hypothèse(s)* venant d'élèves , traduisant leur vision, reflétant leurs conceptions	Pas d'hypothèse, ou venant du professeur
C4 - Hypothèse(s)* proposée(s) : phase d'examen	
Discussion par les élèves de la recevabilité des hypothèses (<i>examen des critères de recevabilité : relation au problème, cohérence avec les acquis...</i>)	Absence d'une telle phase
C5 - Hypothèse(s)* retenue(s) : Qualité	
Hypothèses retenues portant sur des faits encore inconnus, qui aideraient à résoudre le problème	« Suppositions » retenues trop évidentes ou portant sur des faits déjà connus
C6 - Activité(s) : Origine	
Activité(s)* pré-méditées, conçues, demandée(s) par les élèves** qui suggèrent ou réclament des observations, des expériences, des documents montrant si..., afin d'éprouver leurs propres idées	Activité(s) parachutée(s) , imposées, réduisant les élèves à ne faire que de simples constats ou/et à n'être que de simples exécutants
C7 - Activité(s) proposée(s) : phase d'examen	
Phase de discussion par les élèves de la pertinence des activités proposées : s'agit-il de conséquences testables déduites des hypothèses ?	Absence de cette discussion
C8 - Activité(s) retenue(s) : Qualité	
Activités dont les résultats attendus apporteront des éléments nouveaux utiles à la résolution du problème	Résultats déjà connus ou évidents, ou activités visant un objectif annexe sans lien direct avec le problème
C9 - Interprétations : Discussion	
Phase de discussion entre élèves de leurs interprétations des résultats obtenus	Absence de cette discussion
C10 - Conclusions : Origine	
Conclusions établies par les élèves , admises et généralisées sous le contrôle du professeur	Conclusions dictées
* Il peut n'y avoir qu'une hypothèse et/ou qu'une activité envisagée, ou **substitution d'activités équivalentes (plus simples...) provenant du stock du professeur – avec acceptation par les élèves de l'équivalence – sans nuire à l'authenticité de l'investigation.	

Tableau 2. Échelle d'authenticité à 10 niveaux pour démarches d'investigation

Cette échelle a été utilisée par une vingtaine d'enseignants de SVT de collège et de lycée d'une équipe associée à un travail de recherche, de 2007 à 2009. Au début et à la fin d'une année de mise en œuvre de séquences de haut niveau selon cette échelle, 352 élèves (classes de 5^e à 2^{de}) ont répondu à des questionnaires à choix multiple. Relevons, parmi les résultats, que 70 % d'entre eux estiment « mieux savoir pourquoi on fait telle activité en classe », et que, tandis qu'ils étaient 81 % en début d'année à préférer que le professeur « indique quelle expérience ou observation nous donnera la solution », ils ne sont plus que 57 % en fin d'année.

Des questions ouvertes sur les changements ressentis ont été posées en fin d'année aux professeurs. « La préparation des cours (...) m'oblige à lutter contre mes propres représentations initiales qui sont parfois un frein à la mise en place de ce genre de démarche », note l'un d'eux. Les enseignants relèvent des améliorations

dans l'implication des élèves, la spontanéité, la pertinence et la variété de propositions d'idées, la qualité de la discussion, l'écoute et le respect des autres. Certaines remarques sont représentatives : « cela donne des pistes pour donner plus d'initiatives aux élèves », « ils savent que toutes les propositions, pour peu qu'elles soient logiques, sont prises en compte, même si elles sont *réfutées* par la suite. » Ils « réalisent que faire des erreurs, ce n'est pas grave ». Cela fait appel à une certaine créativité qui n'est pas ce qui est demandé et entraîné habituellement.

Les enseignants se sont par ailleurs prononcés sur l'importance, pour le respect de ces critères, du passage par l'écrit pour le recueil des propositions des élèves, sur l'intérêt de procéder à ce recueil à la fin d'une séance pour les analyser avant la poursuite de la séquence la fois suivante, sur l'attitude que doit adopter l'enseignant pour ne pas ruiner l'investigation en révélant trop directement la solution recherchée par le contenu de documents ou par son attitude.

Signalons pour terminer un travail en commun en collège entre une enseignante de SVT et sa collègue de français (Nanterre, ZEP), ayant permis un rapprochement entre la démarche d'investigation en sciences et celle d'un roman policier, qui a pu révéler aux élèves la grande correspondance entre deux procédures qu'ils n'envisageaient pas si analogues, et leur faire percevoir combien est à l'œuvre, dans la recherche scientifique, un travail d'enquête.

4. Bibliographie

- Apostolou, A. & Koulaidis, V. (2010). Epistemology and science education: a study of epistemological views of teachers. *Research in Science & Technological Education*, 28 (2), p. 149-166.
- Astolfi, J.-P. (1990). L'émergence de la didactique de la biologie, un itinéraire. *Aster*, 11, p. 194-224.
- Astolfi, J.-P., Giordan, A., Gohau, G., Host, V., Martinand, J.-L., Rumelhard, G., Zadounaïsky, G. (1978). *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* Paris : PUF.
- Bacon, F. (1605). *Du progrès et de la promotion des savoirs*. Paris : Gallimard, 1991.
- Bacon, F. (1620). *Novum Organum*, Paris : PUF, 1986.
- Beghetto, R.A. (2009). Correlates of intellectual risk taking in elementary school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, p. 210-223.
- Bomchil, S. & Darley, B. (1998). L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ? *Aster*, 26, p. 85-108.
- Cariou, J.-Y. (2007). *Faire vivre des démarches expérimentales*. Paris : Delagrave.
- Dewey, J. (1909). *How we think*. Amherst (New York) : Prometheus Books, 1991.
- Gil-Pérez, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster*, 17, p. 41-64.

- Gil-Pérez, D., Vilches, A., Fernandez, I., Cachapuz, A., Praia, J., Valdes, P., Salinas, J. (2005). Technology as « Applied Science »: a Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14, p. 309-320.
- Giordan, A. (1999). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Paris : Belin.
- Hofstein, A., Kipnis, M., Kind, P. (2008). Learning in and from Science Laboratories: Enhancing Students' Meta-cognition and Argumentation Skills. In C. L. Petroselli (dir.), *Science education issues and developments*. New York : Nova Science, Inc., p. 59-94.
- Host, V. (1998). Évolution de l'enseignement scientifique en France depuis un siècle, présenté par J. Deunff & J.-M. Host. Disponible sur internet : <<http://www.paysdelaloire.iufm.fr/IMG/pdf/host.pdf>> (consulté le 10 décembre 2008).
- Hulin, N. (dir.) (2002). *Sciences naturelles et formation de l'esprit. Autour de la réforme de l'enseignement de 1902*. Villeneuve-d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion.
- Johsua S. & Dupin J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.
- Lawson, A.E. (2005). What Is the Role of Induction and Deduction in Reasoning and Scientific Inquiry? *Journal of Research in Science Teaching*, 42, p. 716-740.
- Méheut, M. (2006). Recherches en didactique et formation des enseignants de sciences. In *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. État des lieux des politiques et de la recherche*. Bruxelles : Eurydice, p. 55-76.
- Minner, D.D., Levy, A.J., Century, J. (2010). 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.
- Monchamp, A. (1993) Biologie. In Colomb, J. (dir.). *Les enseignements en Troisième et en Seconde, ruptures et continuités*, Paris : INRP.
- Obré, A (1952). L'enseignement des sciences naturelles au cours complémentaire et dans le premier cycle de l'enseignement du Second Degré. In *L'enseignement des sciences naturelles*. Paris : IPN, 1956.
- Popper, K. (1979). *La connaissance objective*. Paris : Flammarion.
- Robardet, G. & Guillaud, J.-C. (1997). *Éléments de didactique des sciences physiques*. Paris : PUF.
- Sadeh, I. & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, p. 1137 – 1160.
- Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as inquiry. In J. J. Schwab. & P. F. Brandwein, (dir.), *The teaching of science*. Cambridge : Harvard University Press, p. 3-103.

Démarches d'investigation : conceptions et usages de ressources, impact du travail collectif des professeurs

Rim Hammoud^{*,**}, Jean-François Le Maréchal^{***},
Luc Trouche^{*,**}

** Equipe EducTice – INRP
19, Allée de Fontenay
69007 Lyon
rim.hammoud@inrp.fr
luc.trouche@inrp.fr*

*** LEPS-LIRDHIST
Université Claude Bernard Lyon 1*

**** Ecole Normale Supérieure de Lyon
lemarech@ens-lyon.fr*

RÉSUMÉ. Les nouveaux programmes de physique et chimie de la classe de seconde mettent en avant, dans la continuité du collège, les démarches d'investigation. Notre recherche s'intéresse à la mise en place de ces démarches pour l'enseignement de la chimie. Nous nous attachons à étudier les processus de conception et d'usage de ressources par les enseignants dans cette perspective, ainsi que l'impact du travail collectif sur ces processus, et, plus profondément encore, sur le développement professionnel des enseignants concernés.

MOTS-CLÉS : démarches d'investigation, développement professionnel, enseignement de la chimie, genèses documentaires, ressources pour l'enseignement, travail collectif

KEYWORDS : inquiry-based science learning, professional development, chemistry teaching, documentary genesis, resources for teaching, collective work

Introduction

Depuis quelques années, de nombreuses voix se sont élevées, tant au niveau national qu'international, pour appeler à un renouvellement d'un enseignement des sciences, dans l'objectif de les rendre plus attractives pour les élèves. Pour analyser des raisons de la désaffection pour les études scientifiques, plusieurs rapports ont été publiés en France (Ourisson, 2002 ; Rolland, 2006) et en Europe (Rocard *et al.*, 2007) pointant la nécessité de repenser l'enseignement scientifique en s'appuyant sur des démarches d'investigation pour l'enseignement des sciences (DIES), afin de stimuler l'intérêt des élèves. C'est dans ce contexte que s'inscrivent la réforme du lycée et, plus particulièrement, les nouveaux programmes de seconde, applicables à la rentrée 2010, et mettant en avant les DIES dans la continuité du collège (BO 29 avril 2010). Nous présentons dans la section suivante (§ 2.1) plusieurs approches qui proposent de définir les DIES.

Notre travail s'inscrit dans un double contexte d'évolution de l'enseignement des sciences et de mutation de ses ressources. La période actuelle est marquée, en effet, par une profusion de ressources en ligne qui apparaît comme autant d'opportunités pour renouveler les ressources à disposition des professeurs, et susciter de nouvelles formes de travail collectif. Dans notre étude, nous nous intéressons justement aux contextes faisant intervenir des formes collectives de travail des enseignants de chimie en lycée. Ce choix est lié à l'hypothèse d'une relation forte entre le travail collectif et le développement professionnel des enseignants dans la perspective de DIES. La mise en place des DIES induit, en effet, une rupture avec nombre de pratiques des enseignants encore en cours. De ce fait, des modifications profondes des pratiques, des ressources et des connaissances professionnelles des enseignants en découlent, il faudra donc, sans doute, quelque temps pour qu'une utilisation maîtrisée de ces démarches se généralise. Dans la communication présente, nous nous centrons sur un objet d'étude, à savoir le travail collectif enseignant et ses conséquences sur la conception des ressources et l'implémentation des DIES en classe.

1. Eléments de cadrage théorique

1.1. Cadres de référence pour les DIES

Millar (1996) définit une investigation dans l'enseignement comme une tâche pratique où l'approche à suivre pour s'attaquer à une question ou résoudre un problème est ouverte : les élèves peuvent décider ce qu'ils observent ou mesurent, ce qu'ils modifient ou manipulent, quel équipement ils utilisent (dans le cadre des ressources disponibles). Morge et Boilevin (2007) considèrent que cette définition est trop restrictive, puisqu'elle ne retient que les situations dans lesquelles le

protocole expérimental est à inventer et exclut toute situation de recherche dans laquelle le phénomène est donné, où l'expérience n'est pas à construire.

D'un point de vue institutionnel, les DIES sont structurées autour de plusieurs moments-clés². On y trouve, incluse, l'approche hypothético-déductive d'une démarche expérimentale, avec un accent mis sur l'activité des élèves. Le protocole expérimental n'est pas imposé aux élèves par le professeur, il est laissé à leur initiative, lesquels le conçoivent et le réalisent pour tester leurs hypothèses (Coquidé *et al.*, 2009). Parallèlement, l'étude de Mathé *et al.* (2008) sur les DIES au collège montre que le schéma général proposé par les programmes³ pour le développement des DIES met l'accent sur le modèle hypothético-déductif exploitant le conflit cognitif qui se noue autour d'une *situation-problème*. Cette notion de situation-problème apparaît aussi dans les nouveaux programmes de seconde qui en font le cœur de l'exercice de l'activité expérimentale (BO 29 avril 2010). Dans de nombreuses définitions de la situation-problème, on trouve l'idée d'un problème concret faisant référence à la vie « réelle » (Mathé *et al.*, 2008), d'un problème dévolu à l'élève et orienté selon un *objectif-obstacle* (Fabre 1997).

Les DIES, prônées au niveau national, sont à mettre en perspective avec l'Inquiry Based Science Teaching (IBST), qui a été imposée dans les textes officiels de plusieurs pays anglo-saxons dans les années 1990, et est considérée comme un processus actif de l'apprentissage : ce que *les élèves font* et non pas ce qui est fait pour eux (National Research Council, 1996). Cependant, le point commun entre les DIES et l'IBST est la nécessité d'*autonomie* et d'*activité cognitive* des élèves.

Dans notre étude, nous retenons la définition de DIES proposée par Linn *et al.* (2003) : « We define inquiry as engaging students in the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, distinguishing alternatives, planning investigations, revising views, researching conjectures, searching for information, constructing models, debating with peers, communicating to diverse audiences, and forming coherent arguments » (p. 518).

2. Cinq moments constituent le cœur des DIES : le choix de la situation de départ par le professeur, la formulation du questionnement des élèves, l'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation pour valider/invalidier, l'investigation conduite par les élèves (expérimentation, recherche documentaire, etc.), l'acquisition et la structuration des connaissances sous la conduite du professeur (Groupe Technique associé au Comité de suivi du Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école, 2001) <http://eduscol.education.fr/cid46578/reperes-pour-la-mise-en-oeuvre-d-une-demarche-%A0du-questionnement-a-la-connaissance-en-passant-par-l-experience%A0.html>

3. Les programmes de collège (BO spécial n° 6 du 28 août 2008) proposent, pour la mise en place des DIES, un canevas dont la structure s'organise en sept moments essentiels : le choix d'une situation-problème par le professeur ; l'appropriation du problème par les élèves ; la formulation de conjectures, d'hypothèses explicatives, de protocoles possibles ; l'investigation ou la résolution du problème conduite par les élèves ; l'échange argumenté autour des propositions élaborées ; l'acquisition et la structuration des connaissances et l'opérationnalisation des connaissances.

1.2. *L'approche documentaire*

L'approche documentaire du didactique (Gueudet et Trouche, 2008) distingue les *ressources* (ce qui est disponible) qu'un professeur exploite et les *documents* qu'il développe, à partir de ces ressources. Comme Gueudet et Trouche (*ibidem*), nous adoptons une perspective large sur les ressources en considérant comme ressource tout élément susceptible d'amener une réflexion pour un professeur en réponse à un problème d'enseignement. L'étendue des ressources dépasse donc celle des artefacts *stricto sensu* : une discussion avec un collègue, une réaction d'élève constituent également des ressources pour un enseignant.

Pour réaliser ses tâches d'enseignement, le professeur interagit avec un ensemble de ressources disponibles : il les sélectionne, les transforme, les recompose, les met en œuvre, les partage, les révise... C'est l'ensemble de ce travail que Gueudet et Trouche nomment *travail documentaire*. Un document est une entité mixte, composé de ressources, d'usages associés et de *connaissances professionnelles* qui les pilotent. Parmi ces connaissances, nous portons une attention particulière aux *PCK* (*Pedagogical Content Knowledge*, Shulman 1986). Les *genèses documentaires*, processus de constitution des ressources en documents, sont donc dans cette approche, au cœur du *développement professionnel* des enseignants. Selon le point de vue de l'approche documentaire, l'expression développement professionnel désigne l'ensemble des évolutions conjointes des connaissances des enseignants et de leur activité.

Les genèses documentaires sont des processus continus et enchevêtrés : une genèse documentaire est sans cesse revitalisée par la rencontre de nouvelles ressources ou de nouveaux événements qui va modifier des éléments constitutifs du document résultat. Ce document lui-même donne matière à de nouvelles ressources, qui pourront être engagées dans de nouvelles genèses. Pour traduire cette dynamique, Gueudet et Trouche utilisent le terme de *documentation*, qui désigne à la fois le travail documentaire et son résultat. Ces auteurs considèrent également que les documents, construits par un professeur, s'articulent entre eux, formant ainsi un *système documentaire* composé du *système de ressources* et de connaissances professionnelles associées.

1.3. *Le travail documentaire d'un collectif*

Les aspects collectifs du travail enseignant, bien qu'ils soient plus ou moins visibles, sont toujours présents : un enseignant ne travaille jamais seul, il développe ses documents en interaction avec ses élèves, avec des collègues, il participe à différentes institutions ou associations. De ces insertions sociales, ses documents portent la marque. Pour analyser les aspects collectifs du travail documentaire du professeur, nous exploitons la théorie des communautés de pratique (CoP) (Wenger, 1998). Les CoP sont des collectifs, souvent professionnels ; ils peuvent être relativement *informels*, et se caractérisent par un *engagement partagé* de tous leurs membres *collaborant* à un projet commun. Wenger (*ibidem*) identifie trois dimensions articulées caractéristiques d'une CoP : l'*engagement* mutuel, la

participation active à une *entreprise commune*, et la *réification* (production d'objets communs au cours de la pratique) qui se traduit par la constitution d'un *répertoire partagé* intégrant les résultats de ce processus de réification.

2. Questionnement et méthodologie

Nous questionnerons l'hypothèse que le développement du travail collectif a, en retour, des effets sur la possibilité des DIES en classe, mais plus profondément sur le développement professionnel des enseignants, sous la forme suivante : le travail collectif des enseignants constitue-t-il un appui pour la conception et la mise en œuvre de ressources dans la perspective des DIES ? Et avec quels effets sur le développement professionnel des enseignants ?

Nous portons notre regard sur la documentation des enseignants du second degré et plus particulièrement de la classe de seconde dont les nouveaux programmes qui entrent en vigueur à la rentrée 2010 prônent la pratique des DIES pour l'enseignement des sciences physiques et chimiques (SPC). Afin d'analyser l'impact du travail collectif enseignant sur les genèses documentaires tournées vers les DIES, nous portons une attention spécifique à diverses formes collectives du travail enseignant. Le premier collectif considéré, qu'on note G1, est lié à l'institution, à savoir le groupe APPD⁴ lycée rassemblant, sous la responsabilité des inspecteurs, des enseignants de SPC qui s'intéressent à la mise en place des DIES et à l'élaboration de ressources dans cette perspective. Certains enseignants de ce groupe font partie d'un deuxième collectif⁵, noté G2, que nous avons également suivi et qui est formé de professeurs de SPC de trois lycées voisins collaborant ensemble par mutualisation de leurs ressources et confrontation de leurs pratiques dans la perspective de la réforme pédagogique. Comme nous examinons une rénovation de l'enseignement scientifique voulue par l'institution, nous avons fait le choix de G1 et G2 puisqu'ils sont des collectifs institutionnels, mais aussi parce qu'ils travaillent l'implémentation des DIES en classe. Le troisième type de collectif, noté G3, auquel nous nous intéressons est celui formé d'enseignants de G1 et de leurs collègues de SPC d'un même établissement. Cinq enseignants dont quatre font partie de G1 participent à notre étude. Ils ont été choisis selon des critères précis, à savoir la pratique des DIES en classe et l'implication dans des formes collectives, à la suite d'un questionnaire diffusé lors d'une journée d'étude⁶ à l'INRP. Par ailleurs, au cours des prises des données, nous exerçons un rôle d'observateur qui n'intervient

4. Atelier de Pratiques Pédagogiques et Didactiques. C'est un groupe sous la responsabilité des IA-IPR de l'Académie de Lyon. Disponible en ligne :

<http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/phychi2/spip.php?rubrique86>

5. Ce collectif est organisé par les inspecteurs (IA-IPR) de l'Académie de Lyon

6. Cette journée est intitulée « Expérimentations d'enseignements scientifiques rénovés en classe de seconde ». Disponible en ligne :

<http://www.inrp.fr/manifestations/formation/experimentation-enseignements-scientifiques>

pas pour juger les choix, individuels ou collectifs, des enseignants. Il s'agit, en effet, de suivre des processus entrelacés de conception, d'appropriation et d'usages de ressources pour les DIES se déroulant en classe comme hors classe, et d'interroger les articulations entre la documentation individuelle et collective. Il est intéressant, cependant, de noter que le travail présenté ici ne concerne qu'un seul enseignant parmi les enseignants sélectionnés.

Nous avons conçu une méthodologie, en cours de développement, qui s'inspire de la méthodologie d'*investigation réflexive* (Gueudet et Trouche, 2009). Dans cette méthodologie, les aspects collectifs ne sont pas pris en compte, c'est pour cela que nous avons ajouté aux outils⁷ de cette méthodologie d'autres outils. Dans ce qui suit, nous citerons nos différents outils méthodologiques dont certains seulement sont exploités ici :

- des *entretiens* : un entretien général, un entretien avant et après chaque séance observée qui nous permettent de repérer des éléments relatifs au travail documentaire des enseignants. Trois types de *représentations schématiques* sont réalisés par les enseignants au cours des entretiens : une représentation schématique du système de ressources (RSSR) et une représentation schématique du travail collectif (RSTC) qui seront complétées pendant la durée du suivi ainsi qu'une représentation schématique du déroulement de la séance d'investigation qui sera observée ;
- *observations en classe*, enregistrées en vidéo, pour étudier finement les usages de ressources ;
- *observation des activités des collectifs* en assistant aux réunions pour examiner la nature du travail collectif et dégager des éléments caractéristiques des CoP ;
- un *journal de bord* permettant à l'enseignant, dans une démarche réflexive, de relever son activité de documentation en évoquant aussi les événements collectifs qui l'alimentent.

3. Quelques résultats et analyses

Il s'agit, dans la communication présente, d'analyser le travail documentaire et l'impact du travail collectif sur la conception de ressources, dans la perspective de DIES, d'un enseignant que nous nommons ici Paul en s'appuyant sur deux entretiens réalisés avec lui : un entretien général et un entretien précédant la séance d'investigation observée.

7. Les outils de la méthodologie d'investigation réflexive sont : questionnaire de présentation personnelle ; entretien général en début de suivi ; entretien portant sur la préparation de la séance qui sera observée ; entretien après cette séance ; représentation schématique du système de ressources (RSSR) ; observation en classe et journal de bord.

Paul a vingt-cinq ans d'expérience d'enseignement. Il est impliqué dans G1et G2. La documentation collective semble l'intéresser comme en témoigne sa réponse : « *pour moi ça toujours était indispensable d'échanger avec d'autres ses points de vue sur telle ou telle question et c'est pour ça j'ai toujours essayé de faire partie d'un groupe qui me permet, qui me donne cette possibilité* ». Cet intérêt fort pour le travail collectif de documentation apparaît bien encore avec l'analyse de la RSSR (figure 2) : d'une part, les « équipes » occupent la place la plus élevée. D'autre part, sur les quatre pôles de cette représentation (équipes, numériques, papiers et officiel), le travail collectif au sein des équipes occupe trois pôles parmi les quatre (le mot échange apparaît deux fois en plus du mot équipes). Cela montre bien que son travail documentaire est influencé par la documentation collective. Ce dessin révèle également la diversité des ressources auxquelles Paul a à faire dans son activité professionnelle : on y trouve les ressources numériques et papier ; les textes officiels et les équipes. Les interactions avec les élèves semblent cruciales pour les ressources de Paul : les élèves apparaissent, en effet, au centre de sa RSSR. Donc on peut inférer que l'élève participe à la construction du système de ressources de Paul, c'est un facteur important que Paul prend en considération dans son activité de documentation.

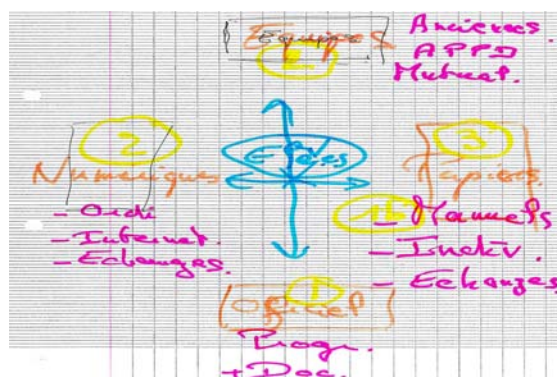


Figure 2. RSSR de Paul

La vision de Paul envers le travail collectif s'inscrit dans une logique qu'on peut résumer ainsi : « échanger plus pour comprendre plus et pour avancer plus » ; cela apparaît clairement dans ce qu'il dit : « *même si on a des idées bien précises sur ce qu'on a envie de faire, souvent pour les mettre en œuvre, on a besoin d'un petit coup de pouce de l'extérieur parce que tout seul on peut pas tout cerner et puis disons que, en disant les choses, on se les redit à soi-même et ça nous aide à avancer* ». Les aspects collectifs du travail documentaire de Paul sont donc reconnus, par lui, comme étant indispensables pour avancer. Il considère ainsi que le développement professionnel de l'enseignant est en liaison étroite avec le travail collectif : « *je ne crois pas qu'on puisse continuer d'avancer en restant tout seul face à ses pratiques personnelles. Il faut regarder autour ce qui se passe et puis, il faut s'enrichir quoi* ». Ces déclarations sont, en fait, corroborées par sa RSSR, dans la mesure où « équipes » apparaît comme une ressource majeure (voir figure 2 supra).

Paul souligne que, depuis une vingtaine d'années, il participait à une forme de travail collectif qui portait une attention particulière à l'élève acteur en TP et dont l'objectif était de construire des ressources s'inscrivant dans un contexte où l'accent est mis sur l'activité et l'autonomie de l'élève en TP. Ce travail documentaire communautaire de Paul a changé sa manière de concevoir les TP comme en témoigne sa réponse : *« à cette époque quand j'ai démarré, je n'avais plus envie que des TP soient construits sous la forme de presse-bouton, c'est-à-dire où les élèves suivent un protocole tellement précis, qu'à la limite ils savent faire chaque étape mais ils n'ont rien compris du sens du TP »*. Par conséquent, ce travail collectif de documentation a conduit à une modification des idées de Paul sur la manière dont ses élèves peuvent participer à son enseignement et a contribué donc à construire ses conceptions de l'enseignement des SPC. Cette évolution est, en effet, porteuse de développement professionnel à long terme : Paul porte désormais un nouveau regard sur la façon de construire un TP ; il est passé des TP où l'élève est placé en situation d'exécuter des manipulations qui lui étaient prescrites à des TP où l'élève est acteur de ses apprentissages. Ce sont, en effet, les connaissances professionnelles, au cœur des systèmes documentaires, qui sont influencées par ce travail documentaire communautaire. Il s'agit donc ici d'une évolution du système documentaire de Paul.

L'intérêt fort de Paul pour le travail collectif se manifeste par la co-élaboration, avec son collègue de G1, d'un TP fondé sur des DIES, et se rapportant au thème de la quantité de matière. Un travail documentaire collectif, à plusieurs étapes, est alors mis en place à travers plusieurs rencontres et échange de courriels : choix par Paul d'un problème chimique ; réflexion ensemble sur la mise en œuvre de ce problème en fonction des niveaux de leurs élèves ; ajustement et adaptation du TP selon les capacités des élèves ; discussion sur la progression de la séance ; élaboration collective d'une première version d'une fiche professeur ; modifications et ajustements de cette fiche par son collègue ; échange de courriels avec des allers-retours entre les deux et construction ainsi de la version finale. Une dynamique d'une co-élaboration est donc bien mise en évidence et elle apparaît encore dans la nouvelle RSSR (figure 3) : on voit que Paul fait d'abord appel à ses ressources anciennes, numériques et papier (il illustre cela par deux croix), à partir desquelles il élabore une première version sous format « papier », puis l'échange avec son collègue. De multiples allers-retours entre Paul et son collègue, illustrés par une flèche qui part de « collègue » et y revient, ont favorisé ensuite l'évolution de cette ressource. Ainsi, l'*engagement* et la *participation active* de Paul et son collègue à cette documentation collective s'accompagnent de la production de ressources qui *réifient* des éléments de leurs pratiques.

Les aspects collectifs du travail documentaire de Paul, notamment avec son collègue, sont reconnus par lui comme étant très utiles. Cela apparaît clairement dans ce qu'il dit : *« je pense qu'il amène de l'efficacité, parce que c'est évident que quand on est plusieurs, on pense certainement à plus de choses, on a plus d'idées, on brasse plus les idées donc on construit quelque chose de forcément plus intéressant, plus complet quoi »*. Donc on peut inférer l'importance que Paul accorde au travail collectif pour l'évolution de ses ressources ainsi que pour le

développement de sa propre documentation. Il apparaît ainsi que cette documentation collective influe en retour sur la possibilité de DIES en classe mais plus profondément encore sur les genèses documentaires de Paul.

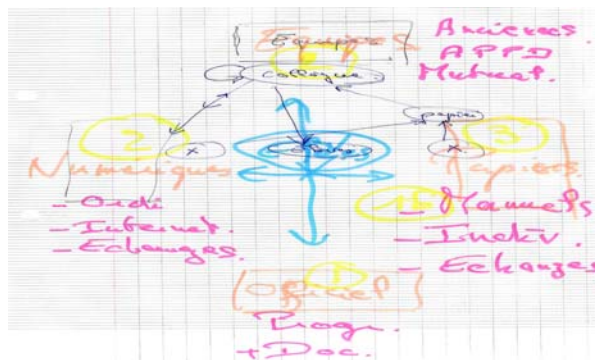


Figure 3. RSSR de Paul pour l'élaboration du TP d'investigation

4. En conclusion

Les entretiens font ainsi apparaître l'importance que cet enseignant accorde au travail collectif pour l'évolution de ses ressources ainsi que pour le développement de sa propre documentation. Il apparaît que cette documentation collective constitue un appui pour la conception et les usages de ressources pour les DIES.

L'exploitation en cours des observations de classe et d'autres données seront évoquées lors du colloque. Notons que la méthodologie présentée pour le suivi du travail documentaire des enseignants est en cours de développement, mais son intérêt réside dans le fait qu'elle permet de regarder l'activité des enseignants dans son unité et sa dynamique. De même l'approche documentaire que nous avons exploitée nous semble pertinente pour notre étude puisqu'elle invite à un changement de point de vue qui considère le travail sur les ressources, en classe et hors classe, au cœur de l'activité professionnelle des enseignants, et central pour leur développement professionnel.

5. Bibliographie

- MEN, Bulletin officiel de l'Education Nationale (2010), spécial n° 4 du 29 avril.
- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, n° 49, p. 49-76.
- Fabre, M. (1997). Pensée pédagogique et modèles philosophiques : le cas de la situation-problème. *Revue française de pédagogie*, n° 1, p. 49-58.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education et Didactique* 2 (3), p. 7-33.

- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). La documentation des professeurs de mathématiques, in L. Coulange, & C. Hache (dir.) *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques 2008*, 249-269. Paris : ARDM et IREM Paris 7.
- Linn, M.C., Clark, D., & Slotta, J.D. (2003). WISE design for knowledge integration. *Science Education*, vol. 87, n° 4, p. 517-538.
- Mathé, S., Méheut, M., & de Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, n° 32, p. 41-76.
- Millar, R. (1996). Investigation des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance. *Didaskalia*, n° 9, p. 9-30.
- Morge, L., & Boilevin, J.-M. (dir.) (2007). Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences. Clermont-Ferrand : SCEREN - CRDP d'Auvergne.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC : National Academy Press.
- Ourisson, G. (2002). *Désaffection des étudiants pour les études scientifiques*, rapports du Ministère de l'Éducation Nationale, 31 p.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe* : European Commission.
- Rolland, J.-M. (2006). *L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire*. Commission des affaires culturelles, familiales et sociales. Assemblée nationale.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, vol. 11, n° 15, p. 4-14.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. Cambridge University Press, New York.

Investigation, épistémologie et auto-didactique

Mise en évidence de la nature du couplage épistémologie-didactique dans la justification du pilotage des démarches d'enseignement chez des enseignants du premier degré en formation initiale

Frédéric Kapala

*IUFM de l'université de Franche-Comté, site de Lons-le-Saunier
23, rue des écoles
39000 Lons-le-Saunier*

*LEPS-LIRDHIST
Université Claude Bernard Lyon 1
43, Boulevard du 11 Novembre 1918
69622 Villeurbanne CEDEX
frederic.kapala@gmail.com*

RÉSUMÉ. Des enseignants du premier degré en formation initiale sont soumis à un questionnaire qui porte d'une part sur les démarches scientifiques et les démarches d'enseignement des sciences et d'autre part sur les potentialités didactiques d'un système de fiches, ressource qui permet de piloter les traces écrites des élèves en décomposant une séquence d'apprentissage en différents temps didactiques. L'analyse du corpus (réponses et explicitations de celles-ci) met en lumière l'existence d'un schéma de type empirico-réaliste servant de cadre commun pour les enseignants à la description des sciences et de leur enseignement. Cela nous amène à proposer un cadre théorique destiné à éclairer le couplage épistémologie-didactique chez les enseignants au sein une réflexion portant en particulier sur les démarches d'investigation.

MOTS-CLÉS: sciences, enseignement, investigation, démarche, méthode, écrits, formation, matrices méthodologiques

KEYWORDS: sciences, teaching, inquiry, process, method, writings, training, process matrix

1. Cadre théorique

1.1. *Investigation scientifique ou investigation pour l'enseignement des sciences ?*

Les dispositifs d'investigation et d'enquête pour l'enseignement des sciences s'imposent internationalement (Coquidé *et al.*, 2009 ; Robine, 2009). Ce travail porte sur la question de la référence convoquée par les enseignants pour concevoir, mettre en œuvre et justifier leur démarche d'enseignement des sciences, là où deux pratiques distinctes semblent souvent se confondre dans les prescriptions à « faire des sciences pour apprendre les sciences ».

Les démarches scientifiques mises en œuvre par les scientifiques dans leur pratique quotidienne sont, au côté des concepts scientifiques, cibles de l'enseignement, mais fournissent aussi un modèle didactique de l'enseignement de ces concepts. Cela invite naturellement à questionner leur statut de « pratiques de référence » (Martinand, 1986 ; 2000 ; 2003).

Le socioconstructivisme fournit un cadre pour les apprentissages scientifiques en structurant une référence triple aux travaux de Piaget, Vygotski et Bachelard (Roletto, 1998 ; Astolfi & Develay, 2005). Robardet (2001), qui conceptualise la « situation-problème » pour l'enseignement des sciences-physiques au secondaire, convoque le concept d'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938) et l'articule à un cadre d'apprentissage socioconstructiviste. Un « objectif-obstacle » sous-tend la situation et « le modèle d'apprentissage, issu des travaux de Piaget et de la psychologie sociale, est celui de l'adaptation aux situations » (Martinand, 1986). Robardet (2001, p. 1174), qui veut pourtant « concilier le souci de promouvoir à l'école un rapport acceptable à la démarche scientifique avec les contraintes de la classe », décrit un dispositif de nature essentiellement didactique.

Concernant les démarches d'investigation, Mathé *et al.* (2008) affirment se retrouver devant un problème de transposition didactique (Chevallard, 1991) « du « savoir savant » (les démarches de la science) au « savoir à enseigner » (la démarche d'investigation telle qu'elle est décrite dans les directives officielles) ». Pourtant la démarche d'investigation n'est pas ici un savoir à enseigner mais une démarche didactique, même s'il est légitime de chercher à savoir ce que les élèves vont pouvoir construire de la nature des démarches scientifiques via une démarche d'enseignement issue des conceptions que l'enseignant a sur les sciences et leur enseignement. Ce qui est en jeu est moins « l'interprétation du programme par les enseignants et son effet dans leurs pratiques » (Mathé *et al.* 2008, p. 47) que l'impact de leurs conceptions sur les démarches scientifiques et sur les vertus didactiques de celles-ci.

La nécessité d'aménagement d'un « espace didactique » (Calmettes, 2009) qui complète la description et la modélisation de la diversité des pratiques (Morge & Boilevin, 2008), fait écho aux constatations de Coquidé *et al.* (2009) concernant l'absence de « référence à un modèle pédagogique ou une théorie d'apprentissage »

pour des démarches d'investigation considérées comme « un nouveau sésame pour l'enseignement des sciences ».

À partir de la remarque de Jenkins⁸ (1999), nous pouvons formuler quelques questions :

- Une démarche d'investigation est-elle une démarche d'enseignement des sciences spécifique ou bien la transposition (à expliciter) au milieu scolaire de pratiques scientifiques (aux vertus didactiques à justifier) ou bien encore d'une démarche pédagogique générale indépendante des contenus ?
- Quelles sont les contraintes, les modalités, les finalités, les objectifs, la pertinence... d'une expérience scientifique de l'élève, dans un cadre scolaire ?
- La familiarisation des élèves avec les démarches des scientifiques et avec une certaine image de la nature de la science doit-elle se confondre avec l'utilisation didactique de celles-ci ?
- Quelle conception située un enseignant a-t-il de la place des pratiques scientifiques, telles qu'il se les représente dans la justification des démarches d'enseignement prescrites, telles qu'il les interprète et telles qu'il les met en œuvre ?
- Les ressources proposées aux enseignants peuvent-elles et doivent-elles donner accès à la complexité du système ?
- Lors des phases d'élaboration et de conduite d'une séquence d'enseignement particulière (en termes de champ disciplinaire, de concepts, d'obstacles, de démarches...) peut-on imaginer une ressource permettant à l'enseignant de prendre conscience de la nature du couplage science-enseignement qui préside à ses choix ?

Nous faisons l'hypothèse qu'il est possible de conceptualiser, de manière globale, mais aussi de manière individuelle et locale, les caractères de distinction et d'appareillement des démarches scientifiques et des démarches d'enseignement des sciences pour en étudier le couplage. Les ressources proposées aux enseignants doivent leur permettre d'accéder à cette conceptualisation.

1.2. Les matrices méthodologiques

La matrice disciplinaire introduite par Kuhn (1983) permet de penser la construction sociale d'une « science normale » ; la matrice curriculaire « fixe la nature et l'identité de l'enseignement » en s'intéressant aux déterminants du curriculum d'une discipline, objet social (Lebeaume, 2000). Poursuivant la recherche de déterminants du curriculum réel et latent (Forquin, 2005) à l'intérieur du « système scolaire », il est proposé de penser la pratique d'enseignement relativement aux conceptions que les enseignants se font des pratiques des

8. « What has not changed, however, is the underpinning belief that in some way school science education should seek to replicate the supposed methods of science itself, whether this belief is expressed in terms of “process science”, “investigative science”, science as “inquiry” or in some other terms. »

scientifiques et de leur potentiel de normativité sur leurs pratiques d'enseignement. On nomme « matrice méthodologique » le concept générateur non « réducteur » (Arsac *et al.*, 1989 ; Cassirer, 1977) au sein duquel toute démarche d'une pratique donnée peut se déployer. Pour comprendre la nature et l'identité des démarches d'enseignement des sciences, on met en rapport la matrice méthodologique réelle des démarches d'enseignement des sciences d'un enseignant avec la conception qu'il a de la matrice méthodologique de la science enseignée, en étudiant les éventuelles justifications de subordination de la seconde à la première. Nous ne nous situons pas dans une recherche de relation de transposition univoque mais plutôt dans une recherche de correspondances à double-sens reposant notamment sur l'explicitation du répertoire de concepts et de valeurs, communs ou spécifiques, que ces matrices méthodologiques intègrent.

Pour déployer des démarches d'investigation productives, il faut les libérer de l'incompatibilité avec une méthode scientifique prégnante parce que séduisante (Tang *et al.*, 2010). Les ressources proposées aux enseignants doivent leur permettre d'une part le dépassement de la croyance en cette méthode scientifique (Voizard, 2006) et le questionnement de l'évidence de son application comme méthode didactique. Elles doivent d'autre part leur permettre d'interroger la place de la référence aux pratiques des scientifiques dans le pilotage des démarches d'enseignement.

Quels sont les cadres conceptuels individuels et locaux qui justifient les conceptions de l'enseignement des sciences qu'ont les différents acteurs du système d'enseignement des sciences à l'école primaire ? Quelles en sont les spécificités, disciplinaires ou relatives aux différents niveaux d'enseignement ? On peut faire l'hypothèse que les conceptions individuelles de chaque praticien concerné, sur la matrice méthodologique des démarches scientifiques et sur son utilité/utilisabilité⁹ pour penser l'enseignement de la discipline scolaire correspondante, ont une grande importance dans ce système.

Le travail qui est présenté dans la suite initie une tentative d'identification chez des enseignants du premier degré en formation des matrices méthodologiques des démarches scientifiques et des démarches d'enseignement des sciences. À travers une recherche de concordances et de distinctions on vise le répertoire local et individuel des concepts et des valeurs sur lesquelles elles se fondent réciproquement.

9. Nous reprenons ici le vocabulaire issu de l'évaluation de l'ergonomie des EIAH (Tricot et coll., 2003) en proposant d'évaluer « l'acceptabilité » des démarches scientifiques pour l'enseignement des sciences selon leur utilité (possibilité d'atteindre le but) et leur utilisabilité (possibilité de mettre en œuvre les moyens).

2. L'étude

L'étude réalisée consiste principalement en une explicitation (adaptation de l'entretien d'explicitation selon Vermersch, 2006) par des enseignants en formation de leurs pratiques d'élaboration et de conduite de séquences relevant des sciences à l'école primaire. On souhaite mettre en évidence les conceptions qui sous-tendent ces pratiques. Un indicateur privilégié consiste à repérer les éléments de pilotage par le maître des traces que les élèves vont être amenés à produire. L'explicitation de ce pilotage passe par la critique a priori et la projection de l'utilisation d'un dispositif de fiches qui permettent de décomposer une démarche d'enseignement en temps didactiques (scientifiques, pédagogiques, langagiers). Ce dispositif dénommé CAST¹⁰ (Cahier d'Activités Scientifiques et technologique), est issu d'une recherche-action pilotée par l'INRP en 1998-2000 et a évolué dans le cadre de la formation des enseignants du premier degré.

Le travail qui est présenté¹¹ repose sur une étude de cas qui concerne des stagiaires professeurs des écoles en formation dans un Institut Universitaire de Formation des Maîtres en France. Parmi les 29 stagiaires qui ont rempli un questionnaire (février 2009), 5 ont accepté de se prêter à un entretien d'explicitation (fin juin 2009).

Dans une première partie du questionnaire¹², les enseignants se positionnent par rapport aux démarches scientifiques et aux démarches d'enseignement des sciences. Sans signification statistique, l'exploitation se limite à une recherche de cohérence et de définition de profils. Les réponses servent d'appui pour les entretiens d'explicitation ; explicitation de la réponse au questionnaire et explicitation des pratiques personnelles d'élaboration de séquences en sciences et technologie à l'école primaire. Les entretiens ont été transcrits et analysés dans une logique comparative en dégagant des thématiques.

Une seconde partie fait référence à l'appropriation et à la projection d'utilisation du dispositif CAST. Les réponses ouvertes sollicitées y font l'objet d'une analyse de contenu (notamment à l'aide d'un logiciel d'analyse textuelle, HyperPo¹³).

10. Disponible en ligne : <http://gallery.me.com/fredkapala#100054>

11. On peut télécharger le mémoire de master qui contient le traitement détaillé des réponses au questionnaire et des entretiens d'explicitation ici : http://web.me.com/fredkapala/Mémoire_HPDS_FK_09/Annexes.html

12. Disponible en ligne : <https://spreadsheets.google.com/viewform?hl=fr&formkey=cGZSYzBOcjNUM1VmVFVlbUdJZkVqUXc6MA>

13. Disponible en ligne : http://tapor.mcmaster.ca/~hyperpo/Versions/6.0/index.cgi?&delta_iLang=fr (consulté le 21 septembre 2010)

3. Résultats

Les pratiques de référence scientifiques comme les pratiques d'enseignement des sciences sont conçues comme des activités a priori ordonnées, balisées, imposées : OHERIC¹⁴ constitue pour les enseignants sollicités un cadre théorique dans lequel ils peuvent penser conjointement l'activité scientifique et l'activité d'enseignement des sciences. Cette conception d'une unité revendiquée de matrice méthodologique semble relever de l'expérience scolaire et universitaire (Gustafson & Rowell, 1995) et les messages de la formation professionnelle sont filtrés par cette conception pour y correspondre. On retrouve là le cercle vicieux décrit par Désautels *et al.* (1993).

L'accommodation de l'évidente non correspondance, pour les enseignants interrogés, entre la revendication du schéma méthodologique OHERIC (comme cadre théorique des démarches d'enseignement des sciences) et la description des séquences réelles mises en œuvre, se fait en habillant le noyau central méthodologique OHERIC de considérations pédagogiques et didactiques – en quantité et en qualité variables – qui permettent de prendre en considération le contexte scolaire de l'activité. L'idée de transposition semble réduite à cette accommodation.

Les dimensions didactiques et pédagogiques ne sont considérées que comme des préoccupations périphériques ou naturellement intégrées, et l'outillage conceptuel qui leur correspond est très mal maîtrisé : les enseignants stagiaires se réclament du modèle socioconstructiviste en ce qui concerne la construction des connaissances notionnelles sans qu'on sache précisément ce que cela recouvre ; en ce qui concerne les démarches scientifiques, le modèle est celui de l'imprégnation progressive par répétition. Sur ce point, le rôle attribué aux traces est assez explicite puisqu'il est largement restreint à celui de mémoire et de guide.

La focalisation sur la méthodologie scientifique constitue un obstacle à la prise de conscience effective de la complexité de la structure des démarches d'enseignement pratiquées et de leur cahier des charges. Les enseignants interrogés semblent finalement ne disposer pour évoquer leurs pratiques d'élaboration et de conduite des séquences que d'une palette conceptuelle restreinte aux éléments d'une méthodologie scientifique, éventuellement assortis de constatations triviales liées à la gestion de classe.

Attaquer le problème sous l'angle du pilotage des traces peut pourtant fournir des pistes intéressantes ; dans les réponses, on constate que certaines potentialités sont envisagées, relatives par exemple à la métacognition et à l'intégration de composantes pédagogiques et didactiques.

14. Observation, Hypothèse, Expérience, Résultat, Interprétation, Conclusion : acronyme introduit par Giordan (1978), il représente la réduction des démarches scientifiques à une méthodologie érigée en dogme pour l'enseignement des sciences.

4. Discussion

Les bénéfices attendus d'un « entraînement à la démarche scientifique » semblent pâtir à la fois de l'idée que les enseignants se font des démarches scientifiques et de l'idée qu'ils se font de la possibilité de sa transposition à l'enseignement des sciences dans un cadre socioconstructiviste mal maîtrisé. Au lieu de battre en brèche la « méthodologie du sens commun » (Gil-Perez, 1993, p. 46) cette revendication des pratiques des démarches scientifiques à l'école, passée au filtre des représentations des enseignants, semble avoir l'effet inverse et se traduit par une certaine dispersion didactique (Calmettes, 2009 ; Coquidé *et al.*, 2009) qui dans notre étude s'avère aussi assez incohérente.

De nombreux travaux depuis la fin des années quatre-vingt s'intéressent aux conceptions épistémologiques des enseignants ou aux pratiques pédagogiques de ceux-ci. Gil-Perez (1993) note l'existence d'une même source socioconstructiviste aux pratiques scientifiques et aux pratiques pédagogiques pertinentes – qui ne justifie pas ontologiquement l'intérêt de la transposition des pratiques scientifiques en classe mais légitime la scénarisation scientifique des enseignements scientifiques. Des rapprochements sont établis entre les conceptions épistémologiques des enseignants, leurs pratiques pédagogiques (Flageul & Coquidé, 1999 ; Robardet, 1998 ; Lakin & Wellington, 1994) et leur posture (Favre, 2007) et l'influence réciproque des unes sur les autres est discutée (Brickhouse, 1990 ; Waters-Adam, 2006). L'ancrage « empirico-réaliste » des conceptions épistémologiques (Porlan-Ariza *et al.*, 1998) est dénoncé en tant qu'il prévient tout déploiement d'une épistémologie « souhaitable » au sein de la classe (Pelissier *et al.*, 2007).

En complément de ce que rapporte la littérature concernant notamment le second degré, on retrouve, pour les enseignants du premier degré en formation sujets de l'étude, la prégnance dans l'interprétation qu'ils font des démarches d'investigation, et plus largement des démarches d'enseignement des sciences qu'ils élaborent et mettent en œuvre, d'un cadre théorique positiviste, empirico-réaliste où la méthode scientifique justifie ontologiquement la méthode d'enseignement et prend le pas sur des déclarations d'intentions nourries par la formation. L'image de la science semble provenir majoritairement de l'expérience vécue en tant qu'étudiant de premier cycle universitaire.

Au delà de la question de l'influence réciproque des conceptions épistémologiques et didactiques des enseignants, l'étude dans laquelle nous nous engageons concerne l'ancrage du couplage épistémologique et didactique et celle de la possibilité du découplage : le problème n'est pas ici que les enseignants enseignent les sciences sous l'influence de leurs conceptions épistémologiques ou que ces dernières finissent par se stabiliser sous l'effet des pratiques d'enseignement. Il se situe au niveau de la conception de la *nécessité* d'un schéma scientifique pour l'enseignement des sciences, quelles que soient les conceptions qu'on a de ce schéma. La mise en évidence de cette représentation du couplage épistémologique-didactique chez les enseignants du premier degré constitue une perspective fondamentale du travail à poursuivre.

5. Bibliographie

- Arsac, G., Develay, M., Tiberghien, A. (1989). *La transposition didactique, en mathématiques, en physique, en biologie*. IREM Académie de Lyon LIRDIS.
- Astolfi, J.-P. & Develay, M. (2005). *La didactique des sciences*, 6^e éd., Que sais-je ? Paris : Presses universitaires de France.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique, Contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Paris : VRIN.
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, vol. 41, n° 3, p. 53-62.
- Calmettes, B. (2009). Démarche d'investigation en physique. *Spirale-Revue de Recherches en Éducation*, 43, p. 139-148.
- Cassirer, E. (1977). *Substance et fonction éléments pour une théorie du concept*. Paris : Les éditions de minuit.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage éditions.
- Coquidé, M., Fortin, C., & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster*, 49, p. 51-78.
- Désautels, J., Larochelle, M., Gagné, B., Ruel, F. (1993). La formation à l'enseignement des sciences : le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, p. 49-67.
- Favre, D. (2007). *Transformer la violence des élèves : cerveau, motivations et apprentissage*. Paris : Dunod.
- Flageul, R. et Coquidé, M. (1999). Conceptions d'étudiants professeurs des écoles sur l'expérimentation et obstacles corrélatifs à sa mise en œuvre à l'école élémentaire, *Aster*, 28, p. 33-54.
- Forquin J.-C. (2005). Article « Curriculum ». In P. Champy, C. Étévé, J.-C. Forquin, A.-D. Robert. (dir.), *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation*, 3^e éd. Paris : Retz.
- Gil-Perez, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique, *Aster*, 17, p. 41-64.
- Giordan, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris : Le Centurion
- Gustafson, B. J. & Rowell, P. M. (1995). Elementary preservice teachers: constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education*, vol. 17-5, p. 589-605.
- Jenkins, E.W., (1999). Practical work in school science: some questions to be answered. In J. Leach & A. Paulsen (dir.), *Practical work in science education: recent research studies* (1er éd.). Frederiksberg Denmark : Roskilde University Press.
- Kuhn, T. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Champs Flammarion.

- Lakin, S. & Wellington, J. (1994). Qui enseignera l'épistémologie des sciences ? Conceptions d'enseignants sur la science et conséquences pour l'enseignement des sciences. *Aster*, 19, p. 175-193.
- Lebeaume, J. (2000). *L'éducation technologique*. Issy-les-Moulineaux : ESF éditeur.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- Martinand, J.-L. (2000). Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire. A. Terrisse (dir.), *Didactique des disciplines : Les références au savoir*. Bruxelles : De Boeck Université, p. 17 – 24.
- Martinand, J.-L. (2003). La question de la référence en didactique du curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 8, n° 2, p. 125 – 130. Disponible sur Internet : http://www.if.ufrgs.br/ieneci/artigos/Artigo_ID100/v8_n2_a2003.pdf (consulté le 17 mai 2010).
- Mathé, S., Méheut, M., & de Hosson, C. (2008). Démarche d'investigation au collège : quels enjeux ? *Didaskalia*, 32, p. 41-76.
- MEN (2002). *Enseigner les sciences à l'école – outil pour la mise en œuvre des programmes 2002 – cycle 3* : ministère de l'Éducation nationale – CNDP.
- MEN (2007). *Bulletin officiel de l'Éducation nationale*, hors-série, volume 1b, numéro 5 du 12 avril 2007.
- MEN (2008a). *Bulletin officiel de l'Éducation nationale*, hors-série, numéro 3 du 19 juin 2008.
- MEN (2008b). *Bulletin officiel de l'Éducation nationale*, numéro 6 spécial du 28 août 2008
- Morge, L. et J.-M. Boilevin, (dir.). (2008). *Séquences d'investigation en physique-chimie – collège-Lycée*. Scérén-CRDP Auvergne.
- Pelissier, L., Venturini, P., Calmettes, B. (2007). L'épistémologie souhaitable et l'épistémologie implicite dans l'enseignement de la physique. De l'étude sur l'enseignement en seconde à la démarche d'investigation au collège. *Actes des 3^{es} journées nationales inter-IUFM sur la recherche et la formation des enseignants en Épistémologie et Histoire des Sciences et des Techniques. (ReForHST)*, Caen, p. 8-13.
- Porlan-Ariza, R., Garcia-Garcia, E., Rivero-Garcia, A., del Pozo, R. M. (1998). Les obstacles à la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *Aster*, 26, p. 207-235.
- Robardet, G. (1998). La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique. *Aster*, 26, p. 31-58.
- Robardet, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 95 (836), p. 1173-1190.
- Robine, F. (2009). Réformer l'éducation scientifique : une prise de conscience mondiale. *Revue Internationale d'Éducation de Sèvres*, 51, p. 27-34.
- Roletto, E. (1998). La science et les connaissances scientifiques : points de vue de futurs enseignants. *Aster*, 26, p. 11-30.
- Tang, X., Coffey, J. E., Elby, A., Levin, D. M. (2010). The scientific method and scientific inquiry : Tensions in teaching and learning. *Science Education*, 94 (1), p. 29-47.

- Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J., Amiel, A., Lutz, G., Morcillo, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Strasbourg, France. Disponible sur Internet : <http://hal.archives-ouvertes.fr/edutice-00000154/> (consulté le 29/11/10).
- Vermersch, P. (2006). *L'entretien d'explicitation nouvelle édition enrichie d'un glossaire* : Issy-les-Moulineaux : ESF éditeur.
- Voizard, A. (2006). Article « méthode ». D. Lecourt (Ed), *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. Paris : Presses universitaires de France, p. 741 – 746.
- Waters-Adams, S. (2006). The relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning, *International Journal of Science Education*, vol. 28, n° 8, p. 919-944.

L'investigation en MI-SVT : un chemin vers l'autonomie des élèves ?

Réjane Monod^{*,}, Isabelle Digard^{*,**}, Anne Florimond^{*,**},
Valérie Fontanieu^{*}, Christine Péres^{*,**},
Anne Marie Rossetto^{*,**}, Françoise Morel-Deville^{*,**}**

** INRP, ** équipe ACCES*

19, allée de Fontenay

69007 Lyon

rejane.monod-ansaldi@inrp.fr

RÉSUMÉ. Nous présentons les résultats d'une enquête en ligne réalisée auprès des enseignants ayant participé à l'expérimentation MI-SVT de l'académie de Versailles, pour préciser leurs représentations concernant l'autonomie des élèves et décrire leurs pratiques professionnelles de mise en œuvre des démarches d'investigation.

Les quarante-huit réponses obtenues montrent que les démarches d'investigation menées en MI-SVT utilisent les TICE pour la recherche d'information, l'expérimentation, la mesure et la présentation des résultats obtenus. Les représentations des enseignants concernant l'autonomie font ressortir son aspect social et la mettent en lien avec des qualités propres de l'élève. Des éléments de régulation du système didactique sont mobilisés par les enseignants, qui soulignent l'importance du temps disponible pour le travail autonome et l'investigation.

MOTS-CLÉS : MI-SVT, autonomie, démarche d'investigation, TICE

KEYWORDS : MI-SVT, autonomy, inquiry-based approach, ICT

Introduction

Dans un contexte de désaffection des jeunes et particulièrement des filles pour les études scientifiques, une réforme de l'enseignement scientifique fondée sur l'investigation a été préconisée à l'échelon européen (Inquiry-Based Teaching/Learning, Rocard 2007), et en France dans les programmes de l'école primaire¹⁵ et du secondaire¹⁶. La mise en œuvre de ce type de démarche était un principe de l'option MI-SVT (Mesure, Informatique et SVT) proposant un couplage entre les contenus scientifiques du programme de SVT de seconde et l'utilisation de moyens informatiques. Mise en place depuis 2003 dans l'académie de Versailles à l'initiative de l'Inspection pédagogique régionale, cette expérimentation a été inscrite en 2007 dans le cadre de l'article 34 de la loi d'orientation et de programme pour l'avenir de l'école (2005). Les objectifs annoncés étaient de favoriser l'autonomie des élèves¹⁷ et de développer leur motivation pour l'enseignement des sciences et les carrières scientifiques. L'option a connu un succès croissant auprès des enseignants et des élèves, passant de 2 à 37 groupes entre 2003 et 2009.

Nous avons examiné les pratiques et les représentations des démarches d'investigation et de l'autonomie développées par les enseignants dans le cadre de l'option MI-SVT. Nous présentons ici les résultats d'une enquête en ligne réalisée auprès de 48 enseignants au sujet de leur expérience en MI-SVT, de leur pratique de classe, des modalités d'utilisation des TICE par leurs élèves et leurs opinions concernant l'autonomie et sa mise en œuvre.

1. Cadre théorique et questions de recherche

L'autonomie (du grec *autonomia*), capacité à se déterminer par soi-même (*autos*), en conformité avec sa propre loi (*nomos*) n'est pas synonyme d'indépendance « *puisque l'on ne peut être autonome que par, ou à travers des dépendances* » (Morin, 1994, p. 19). Ainsi l'autonomie ne peut être considérée hors de sa dimension sociale, la construction du sujet intervenant en lien constant avec les autres dans l'interaction et dans l'échange (Liquète et Maury, 2007). Dans le domaine plus particulier des apprentissages, le socioconstructivisme présente les interactions avec l'environnement (Piaget, 1967) et avec autrui (Vygotski, 1934) comme des facteurs essentiels du développement cognitif. Pour Ravestien (1999), « *l'autonomie de l'élève ne se décrète pas, mais s'organise, en particulier en*

15. PRESTE, Plan de Rénovation pour l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'Ecole, 2000.

16. Socle commun de connaissances et de compétences pour la scolarité obligatoire (Décret n° 2006-830 du 11 juillet 2006). Introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques (BO du 19 avril 2007). Programme de seconde 2010, (BO du 29 avril 2010).

17. <http://www.svt.ac-versailles.fr/spip.php?article94> & var_recherche = misvt

organisant la régulation du système didactique tout entier » (p. 16). Le travail autonome pouvant s'organiser autour de résolution de problème, en combinant des activités individuelles de recherche et des temps d'échanges et de confrontation d'idées ou de résultats (Liquète & Maury, 2007), l'autonomisation semble pouvoir être construite dans des démarches d'investigation.

En effet, la démarche d'investigation préconisée aujourd'hui se définit comme « *un processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences réalisées, de distinction entre les alternatives possibles, de recherche d'informations, de construction de modèles, de débat avec ses pairs et de formulation d'arguments cohérents* » (Linn *et al.*, 2004, cité dans Rocard *et al.*, 2007). Les résultats attendus sont une meilleure motivation des élèves, un développement de l'esprit d'initiative, de la curiosité et de la créativité en lien avec l'autonomie, ainsi qu'une meilleure approche de la complexité. La mise en place d'activités d'investigation dans les classes se heurte cependant à certaines difficultés pour les enseignants dans la conception de situations d'apprentissage en autonomie et en interaction (Anderson, 1998), ou pour conduire les phases d'émergence des représentations des élèves et organiser des situations de collaboration et de discussion (Pietrick *et al.*, 2006). Des difficultés d'ordre épistémologique spécifiques de l'investigation en biologie ont également été pointées par Coquidé *et al.* (2009), telles que la nécessité d'utiliser des méthodologies complexes comme la modélisation systémique.

Tenant compte de ces éléments, notre travail a consisté à caractériser les types de démarches menées en MI-SVT, d'un point de vue méthodologique, notamment lorsqu'il s'agissait d'utiliser les TICE. Nous avons cherché à savoir si les représentations de l'autonomie construites par les enseignants de MI-SVT faisaient appel à la fois au pôle individuel et au pôle social de ce concept, et si les professeurs considéraient qu'ils pouvaient intervenir sur l'autonomisation et favoriser la démarche d'investigation des élèves par la régulation du système didactique. Nous avons également recherché quels éléments de ce contexte ont été facilitateurs et quelles difficultés ont été rencontrées par les enseignants.

2. Méthodologie

Le questionnaire, construit à partir d'entretiens semi-dirigés et testé auprès de 4 enseignants, comportait soixante-cinq questions en majorité fermées. Le formulaire en ligne, accessible du 31 mai au 21 juin 2010 sur un serveur d'enquête (LimeSurvey) permettait de répondre de manière anonyme. Les professeurs de l'académie de Versailles enseignant ou ayant enseigné en MI-SVT, ont été sollicités soit directement par courriel (56 enseignants sollicités), soit par l'intermédiaire de leurs établissements (9 établissements destinataires). À raison de 1 à 2 enseignants pratiquant l'option MI-SVT par établissement, l'effectif global de la population visée par l'enquête est ainsi compris entre 65 et 74 professeurs.

Cette méthode de réponse en ligne a l'avantage de minimiser les biais liés à l'intervention de l'enquêteur (Ganassali & Moscarola, 2002) et de préserver véritablement l'anonymat du répondant, ce qui le libère de tout jugement direct sur ses réponses. Cet élément nous paraissait très important dans un contexte de retour sur expérimentation à propos d'un thème où les instructions officielles sont nombreuses et fortement prescriptives. En conséquence, l'identité des répondants ne peut être garantie, bien que la précision des réponses tende à ôter tout doute en ce sens. L'effectif de la population visée étant faible d'un point de vue statistique et même si l'exhaustivité a été cherchée au moyen de relances, une incertitude existe également quant à la précision des résultats du fait des non-répondants, qui pourraient correspondre aux enseignants les moins à l'aise avec les TICE ou les démarches d'investigation. Enfin, les réponses déclaratives ne permettent d'aborder que les représentations des enseignants sur leurs pratiques, et non leurs pratiques elles-mêmes. Les résultats présentés ici sont cependant en accord avec l'analyse des entretiens.

3. Résultats

Quarante-huit réponses ont été obtenues, soit un taux de réponse compris entre 65 % et 74 %, témoignant de l'implication importante des enseignants dans l'expérimentation MI-SVT. En raison du faible nombre d'enseignants concernés et par conséquent du faible nombre de réponses, les écarts entre proportions observées peuvent assez vite être importants. C'est pourquoi nous présentons nos résultats le plus souvent sous forme de grande tendance (proportions arrondies), les pourcentages précis étant parfois mentionnés à titre indicatif. Les différences significatives entre sous-populations sont commentées lorsqu'elles sont importantes.

3.1. Les démarches d'investigation en MI-SVT

D'après les professeurs, l'option MI-SVT est un contexte favorable à l'investigation. En effet, plus de 4 répondants sur 5 déclarent faire réaliser des activités d'investigation à leurs élèves plus souvent en MI-SVT qu'en enseignement obligatoire et 2 professeurs sur 48 ne pratiquent cette approche qu'en MI-SVT. La fréquence des activités d'investigation réalisées est élevée : 44 % des enseignants affirment les mettre en œuvre à chaque séance et les 56 % restant les pratiquent plusieurs fois dans l'année. Les deux tiers des professeurs répondants déclarent d'ailleurs ne pas avoir de difficultés à mettre en œuvre la démarche d'investigation dans ce contexte, et pour le tiers qui signale des difficultés, elles sont considérées comme peu importantes. Ce succès semble lié aux conditions d'enseignement puisque presque tous les professeurs (47/48) estiment que la démarche d'investigation est facilitée en MI-SVT par la plage horaire importante et que 43 d'entre eux (90 %) signalent également l'importance du travail en effectif réduit. À cet égard, presque tous les enseignants interrogés lors des entretiens, insistaient sur

l'importance de pouvoir laisser aux élèves le temps d'explorer et de faire des erreurs.

Environ la moitié des répondants au questionnaire en ligne considèrent également que la motivation des élèves (69 %), la liberté laissée aux enseignants (60 %) et l'absence de programme (46 %) sont des éléments favorisant la mise en œuvre d'activités d'investigation. Les professeurs accordent d'ailleurs très majoritairement moins de temps à l'acquisition de connaissances par rapport aux méthodes (83 %) dans l'objectif affirmé de former leurs élèves aux méthodes d'investigations (90 %). Ils disent tous vivre très bien ou plutôt bien l'absence de programme précis en MI-SVT et déclarent qu'elle est profitable (50 %) ou sans conséquence (46 %) pour les élèves.

Ces résultats déclaratifs posent cependant le problème des représentations associées aux démarches d'investigation. Que représente effectivement ce terme pour les enseignants répondants ? Quel type d'activité sous-entend-il ? Pour les 7 enseignants interrogés lors des entretiens, la démarche d'investigation consiste à répondre à un problème en concevant des recherches documentaires et/ou des expérimentations. L'analyse des réponses aux questions concernant les connaissances travaillées et les modalités d'utilisation des TICE apporte des précisions.

Les connaissances travaillées en MI-SVT sont très majoritairement ancrées dans le programme de seconde (96 %) qu'il s'agit d'approfondir différemment. On peut donc supposer que les démarches sont menées à l'intérieur d'un champ où les élèves peuvent mobiliser des connaissances et des modèles construits en enseignement obligatoire. Pour 4 enseignants sur 5, l'option MI-SVT permet également de développer ponctuellement des thèmes répondant au questionnement des élèves. Ce résultat indique des activités d'investigation où la dévolution aux élèves des problématiques traitées est forte, d'autant que nous avons vu que les enseignants présentaient la motivation des élèves comme un élément facilitant l'investigation. Les thèmes choisis sont rarement susceptibles d'être abordés de façon pluridisciplinaire : cela arrive ponctuellement pour la moitié des répondants, et majoritairement pour seulement 1 sur 10. Une caractéristique pourtant importante de l'investigation est qu'elle conduit à des croisements disciplinaires pour aborder des problèmes complexes et/ou contextualisés (Coquidé *et al.*, 2009). Il semble que cet aspect ait été peu développé en MI-SVT.

Les TICE représentent - selon les professeurs - entre 15 % et 90 % de l'activité des élèves (avec une moyenne de 65 %). Elles sont exploitées par tous les enseignants pour la réalisation de mesures, le traitement de données et la présentation de résultats, et par presque tous pour la recherche d'informations (47/48). Près de 4 professeurs sur 5 utilisent également les TICE dans le but de visualiser. Par contre, les professeurs proposant à leurs élèves d'exploiter des outils de simulation et/ou de modélisation ne représentent qu'un peu plus de la moitié de la population enquêtée. Presque tous les enseignants (46/48) utilisent également l'Expérimentation Assistée par Ordinateur (ExAO), de 1 à 15 fois par an avec une

« moyenne » de près de 6 séances par an, pour permettre aux élèves de réaliser des mesures de paramètres physiques et physiologiques.

80 % des professeurs mobilisent fréquemment Internet. Ils proposent tous à leurs élèves de l'exploiter pour la quête d'images et presque tous (94 %) pour des recherches bibliographiques. Viennent ensuite la recherche de protocoles (75 % des professeurs), l'interrogation de banques de données (25 %) et la publication des travaux d'élèves sur un site (23 %). Les possibilités d'exploitation pédagogique d'Internet pour la communication et la collaboration (courrier électronique, chat, ENT) ne sont utilisées que par un petit nombre de professeurs.

Les investigations menées en MI-SVT semblent donc privilégier la recherche d'information en ligne et la mise au point d'expérimentation en classe. Une grande part du temps est aussi consacrée à la présentation et à la communication des résultats, ce qui montre que les démarches sont menées à terme, sans présumer de l'importance des débats argumentatifs qui peuvent avoir lieu à leur propos. Les activités de simulation et de modélisation du réel qui, du point de vue épistémologique, sont une part très importante de l'investigation scientifique en biologie et en géologie (Sanchez, 2008 ; Coquidé *et al.*, 2009), paraissent moins représentées dans les démarches réalisées par les élèves, peut-être à cause de leur complexité.

3.2. L'autonomie des élèves en MI-SVT

Tous les professeurs interrogés disent réaliser des activités faisant appel à l'autonomie des élèves, avec une fréquence relativement importante puisque plus de 3 enseignants sur 5 les proposent plusieurs fois dans l'année, et qu'environ un tiers estiment placer ses élèves en autonomie à chaque séance. Quasiment tous indiquent que la plage horaire importante consacrée aux MI-SVT facilite ce travail. En très grande majorité (4/5), les professeurs pensent que le travail autonome est également favorisé par un travail collaboratif en petits groupes. La sélection d'élèves motivés est également un facteur favorable (3/4). Plus de la moitié des professeurs indiquent cependant avoir des difficultés de niveau peu important (56 %) ou important (environ 6 %), pour mettre en œuvre l'autonomie des élèves. D'après Liquète et Maury (2007), ces difficultés sont inhérentes à la mise en œuvre du travail autonome, qui appelle l'enseignant à combiner et associer des situations paradoxales (directivité/non-directivité, utilité/inutilité...).

Le tableau 1, présente les fréquences des réponses concernant la définition d'un élève autonome. Les enseignants retiennent en premier lieu l'aspect social de l'autonomie, puisque près de 7 sur 10 désignent l'élève autonome comme celui qui « *échange et aide ses camarades* ». La moitié des répondants soulignent également les compétences personnelles de recherche documentaire et la capacité à construire seul un raisonnement ou un protocole. Les deux autres propositions retenues à plus de 50 % concernent plutôt la situation d'apprentissage offrant alors différentes stratégies et autorisant l'erreur. Aucun lien de cooccurrence n'a été repéré entre les différentes propositions, ce qui montre que les avis des enseignants sont partagés et

que leurs représentations de l'élève autonome articulent à la fois des compétences des élèves et des caractéristiques du milieu d'enseignement proposé.

L'élève...	Effectifs	Fréquence
...échange et aide ses camarades	33	69 %
...trouve les informations dont il a besoin pour agir par des recherches documentaires	26	54 %
...a le choix entre différentes stratégies pour résoudre un problème	26	54 %
...est placé dans une situation où l'erreur est permise	25	52 %
...construit seul son raisonnement, un protocole	22	46 %
...est placé dans une situation où il peut évaluer la pertinence de ses stratégies	14	29 %
...maîtrise un outil sans aide	12	25 %
...s'auto-évalue et corrige seul ses erreurs	10	21 %
...choisit le matériel sans aide	9	19 %
...sait suivre un protocole ou une fiche technique sans aide	6	12 %
...est libre de se déplacer dans la salle	4	8 %
...ne pose pas de questions à l'enseignant	1	2 %
Total/répondants	48	

Tableau 1. *Fréquence des réponses à la question « Parmi les propositions ci-dessous lesquelles définissent en priorité pour vous un élève autonome ? » (4 réponses maximum étaient autorisées)*

Les facteurs influençant l'autonomie ont été abordés par une série de propositions évaluées sur l'échelle de Likert (figure 1). Parmi elles, l'autonomie dépend le plus de la motivation des élèves (56 % sont « tout à fait d'accord »). Les qualités propres des élèves, leur imagination et leur inventivité sont également reconnues par une très grande majorité comme des facteurs de l'autonomie.

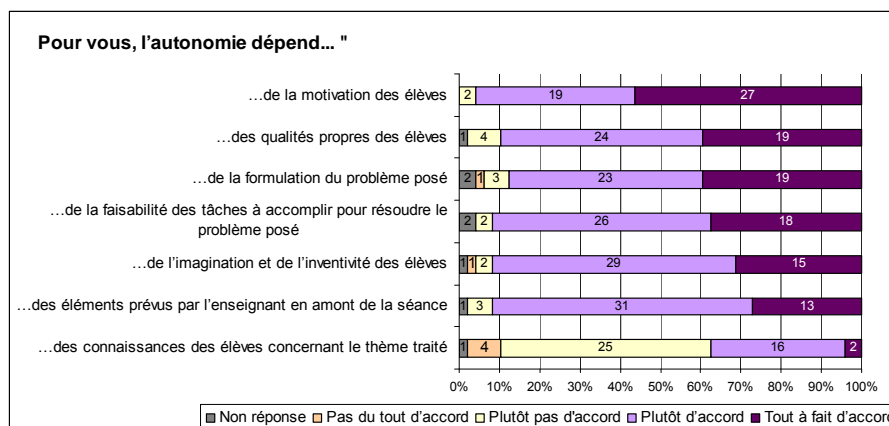


Figure 1. *Opinions des enseignants¹⁸ de MI-SVT en réponse à la question « Pour vous, l'autonomie dépend... »*

Les enseignants considèrent aussi que l'autonomie dépend d'éléments de la situation tels que la formulation du problème posé, la faisabilité des tâches à accomplir et les éléments prévus par l'enseignant en amont de la séance. L'influence des connaissances des élèves relatives au thème est la seule proposition qui divise véritablement l'opinion : 6 répondants sur 10 ne leur accordent pas d'influence, alors que 4 enseignants sur 10 considèrent que l'autonomie en dépend. Ce résultat suggère que plus de la moitié des enseignants ne se représente pas l'autonomie des élèves comme dépendante des savoirs travaillés dans l'investigation en cours, ou qu'ils considèrent que pour aborder une investigation de manière autonome très peu de connaissances sont nécessaires. D'un point de vue épistémologique, théories et modèles représentent cependant des « outils à penser » nécessaires à l'investigation (Sanchez, 2008 ; Coquidé *et al.*, 2009).

Lorsque les stratégies pédagogiques et didactiques favorisant l'autonomie sont évoquées (figure 2), l'organisation d'interactions entre élèves et groupes d'élèves recueille le plus d'avis favorables (94 %), ce qui conforte l'importance de l'aspect social de l'autonomie pour la très grande majorité des enseignants de MI-SVT.

18. Les effectifs sont indiqués sur les barres.

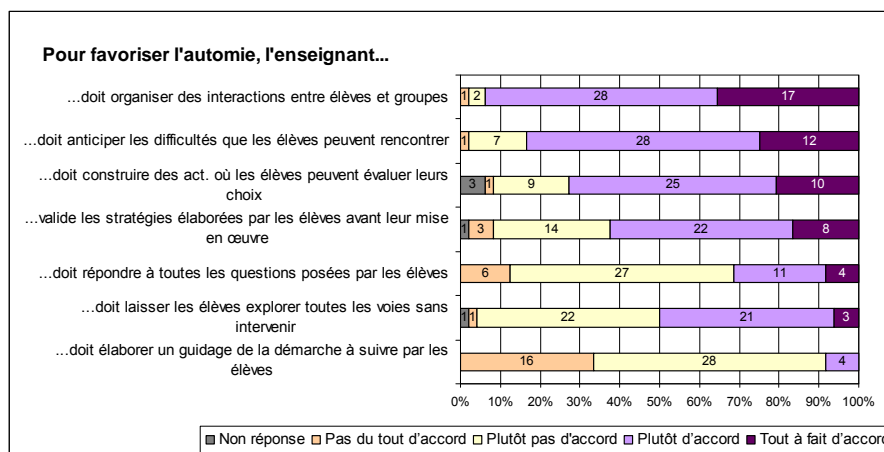


Figure 2. *Opinion des enseignants¹⁹ de MI-SVT en réponse à la question « Pour favoriser l'autonomie, l'enseignant... »*

Au contraire, l'élaboration d'un guidage obtient le plus d'avis défavorables (92 %). Les enseignants de MI-SVT sont donc conscients que l'autonomie n'est pas possible lorsqu'un seul cheminement est proposé à l'élève dans un milieu que Margolinas (1998) qualifie de « milieu allié ». On peut cependant penser que deux stratégies d'enseignement différentes se dégagent pour placer l'élève en situation d'autonomie. En effet, les professeurs qui sont en accord avec « laisser les élèves explorer » sont plus nombreux à exprimer un désaccord avec « anticiper les difficultés » ou « construire des activités où les élèves peuvent évaluer leurs choix », même si une part est en accord avec les deux propositions. On peut donc supposer que certains enseignants proposent des milieux peu construits dans lesquels les élèves ont un fort degré de liberté et d'initiative, mais où les rétroactions du milieu sont peu anticipées par l'enseignant, tandis que d'autres professeurs élaborent des situations où le milieu « résiste » et dans lequel les élèves explorent différentes stratégies en tenant compte des rétroactions (Margolinas, 1998). Il y aurait ainsi plusieurs façons de prendre part à la construction de l'autonomie chez l'élève, entre un pôle « entraîneur », où l'enseignant s'efface devant l'élève, un pôle « artisan » proposant une formation plus instrumentale et un pôle « médiateur-régulateur » mettant l'accent sur la régulation du système didactique (Hoffmans-Gosset, 1994).

L'importance de l'auto-évaluation des élèves dans la régulation du système didactique en vue de leur autonomie a été peu abordée par les enseignants interrogés lors des entretiens, et n'a pas été suffisamment explorée dans notre questionnaire en ligne. On peut toutefois penser que cette approche a peu été utilisée en MI-SVT, puisque 4 professeurs sur 10 déclarent ne jamais évaluer l'autonomie des élèves, et qu'environ deux tiers des enseignants expriment des difficultés peu importantes (42 %) ou importantes (23 %) à réaliser cette évaluation. Ces difficultés diminuent avec la formation ou l'autoformation à l'autonomie, mais peu d'enseignants ont

19. Les effectifs sont indiqués sur les barres.

bénéficié d'une formation spécifique initiale ou continue sur le sujet (10 enseignants sur 48).

4. Conclusion

L'expérimentation MI-SVT souligne l'importance du temps donné aux élèves et aux enseignants pour la réalisation de véritables investigations et le développement de l'autonomie. Le choix d'un curriculum ouvert, semble également fructueux pour permettre aux élèves de vivre l'expérience de l'investigation (Coquidé *et al.*, 2009).

Nos résultats montrent également que dans le cadre de ces investigations, les TICE sont largement utilisées pour la recherche documentaire et la présentation des résultats, et que potentialités de modélisation et d'instrumentation du travail collaboratif pourraient encore être développées auprès des enseignants.

Les difficultés rencontrées par les enseignants pour accompagner le travail autonome d'investigation sont intrinsèques à cette posture pédagogique qui tient du *double-bind* et nécessite un réaménagement important de la conception de l'enseignement et de l'apprendre (Liquète & Maury, 2007). Des dispositifs de formation des enseignants pourraient vraisemblablement accompagner ce processus. Des résultats de notre enquête non présentés ici, concernant l'impact de l'expérimentation MI-SVT sur les pratiques des professeurs dans leur enseignement « classique », font également penser que ce réaménagement conceptuel et la prise de risque qui l'accompagne ont été favorisés par les conditions de l'option MI-SVT, présentant plus de liberté pour l'enseignant et pour l'élève, et où chacun d'eux semble avoir gagné en autonomie.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les enseignants de MI-SVT ayant répondu à l'enquête et l'Inspection pédagogique régionale de Versailles pour les renseignements fournis. Ils remercient également Naoum Salamé pour le lancement et le suivi du projet d'accompagnement de l'expérimentation MI-SVT par l'équipe ACCES²⁰ et sa relecture du document.

5. Bibliographie

- Anderson, R. D. (1998). Reforming science teaching : what research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education* 13 (1), p. 1-12.
- Coquidé, M., Fortin, M., Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limite. *Aster* 49, p. 51-78.

20. <http://acces.inrp.fr/acces/societe/exp/misvt/accueil>

- Ganassali, S., et Moscarola, J. (2002). Protocoles d'enquête et efficacité des sondages par Internet, *Journées E-Marketing AFM/AIM* – Nantes, septembre 2002.
- Hoffmans-Gosset, M-A. (1994). *Apprendre l'autonomie, apprendre la socialisation*. Lyon : Chronique sociale.
- Linn, M.C., Davis E.A., et Bell, P. (2004). *Internet environments for science Education*. Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Liquète, V. et Maury, Y. (2007). *Le travail autonome*. Paris : Armand Colin.
- Margolinas C. (1998). Le milieu et le contrat, concepts pour la construction et l'analyse de situations d'enseignement in R. Noirfalise (dir.), *Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques*. Actes de l'Université d'Eté (p. 3-16), La Rochelle, juillet 1998, IREM Clermont-Ferrand.
- Morin, E., (1994). *Sociologie* (Edition revue et argumentée). Paris : Editions du Seuil.
- Piaget, J. (1967). *Biologie et connaissance*. Paris : Gallimard.
- Pietrick, G., Robine, F., Martin, P.-E. et Malleus, P. (2006). *L'enseignement de la physique et de la chimie au collège. France : ministère de l'Éducation nationale*. Rapport n° 2006-091 de l'inspection générale.
- Ravestein, J. (1999). *Autonomie de l'élève et régulation du système didactique*. Paris, Bruxelles : De Boeck Université.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Commission.
- Sanchez, E. (2008). Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique en sciences de la Terre ? *Education et Didactique*, 2 (2), p. 93-118.
- Vygotski, L. (1934). *Pensée et langage* (Edition 1998). Paris : La Dispute.

Composer des environnements : un accompagnement à la démarche de preuve ?

Isabelle Puig-Renault

*LEPS-LIRDHIST – Université Lyon 1
La Pagode - 38 Bd Niels Bohr
69622 Villeurbanne CEDEX
isabellepuig.renault@laposte.net*

RÉSUMÉ. On se propose dans cette communication de présenter un dispositif, conçu pour une classe de cinquième, qui a pour objectif d'aider les élèves à passer des preuves pragmatiques – liées à des démarches expérimentales – aux preuves intellectuelles – déductives – (Balacheff, 1987) en donnant à résoudre un problème de pavage posé sous forme de question ouverte, assisté par deux environnements composés, l'un de géométrie dynamique, l'autre de gabarits. Ce dispositif expérimenté sera questionné quant à son potentiel pour accompagner une démarche de preuve.

MOTS-CLÉS: conjecture, démarche expérimentale, environnement d'apprentissage, gabarits, géométrie dynamique, pavage, preuve, symétrie

KEYWORDS: conjecture, inquiry-based approach, learning environment, jigs, dynamic geometry, tiling, proof, symmetry

Introduction

Etablir une conjecture et donner des preuves pour valider cette conjecture est un des objectifs de la classe de mathématiques ; c'est aussi un des pas vers la démonstration formalisée qui est la forme aboutie du raisonnement déductif à construire tout au long des années du secondaire²¹. Mais pour permettre l'apprentissage de ce raisonnement spécifique aux mathématiques, l'enseignant doit proposer des problèmes qui donnent un vrai enjeu de vérité.

On se propose dans cette communication de présenter un dispositif, conçu pour une classe de cinquième, qui a pour objectif d'aider les élèves à passer des preuves pragmatiques – liées à une démarche expérimentale – aux preuves intellectuelles – déductives – (Balacheff, 1987), en donnant à résoudre un problème de pavage, posé sous forme de question ouverte, assisté par deux environnements composés, l'un de géométrie dynamique, l'autre de gabarits. Ce dispositif expérimenté dans des classes de cinquième, à travers quelques exemples, apportera des réponses au questionnement suivant : comment cet accompagnement des élèves, à travers une démarche expérimentale, a permis d'élaborer un raisonnement mathématique de la conjecture à la preuve ?

1. Cadres de cette recherche

Afin que les élèves émettent des conjectures et élaborent des preuves, la situation décrite se réfère à deux cadres que nous précisons dans cette partie.

Le premier cadre est celui de la théorie des situations de Brousseau (1998). Le problème de pavage proposé sous forme de défi sera dévolu à l'élève (ibid.) afin que celui-ci propose une conjecture et réalise des expérimentations pour la confirmer ou l'infirmer. Ce cadre permet, en outre, de penser et de construire les articulations entre expérimentation, formulation et validation (Kuntz *et al.*, 2007). Nous nous appuyons également sur les travaux de Dias et Durand-Guerrier (2005) qui ont montré la dimension expérimentale des mathématiques en tant que « démarche de construction des connaissances ».

Le deuxième cadre est celui de l'orchestration instrumentale de Trouche (2005). Celui-ci a étudié les processus à travers lesquels un artefact, outil pour les apprentissages mathématiques, se réalise en instrument (Rabardel, 1999) et comment ces processus peuvent être assistés par l'enseignant (Trouche, 2005). Le repérage des difficultés que génère l'introduction d'outils dans l'enseignement a amené Trouche (ibid.) à élaborer le concept d'« orchestration instrumentale » qui

21. Ainsi on peut lire dans le BO spécial n° 6 du 28 août 2008, p. 12 que la « recherche et production de preuves » est la « première étape » qui doit être valorisée par l'argumentation orale.

permet de prendre en compte les modes de gestion des artefacts. Drijvers *et al.* (2009) continuent de filer la métaphore musicale pour montrer les trois aspects que ce concept intègre, soit, la configuration didactique (choix et place des artefacts), le mode d'exploitation des différents artefacts et enfin la réalisation didactique (ou comment gérer les artefacts et guider les élèves *in situ*). À l'aide de ces trois aspects nous réalisons une séquence d'enseignement.

2. Le dispositif

Nous précisons quelques variables didactiques privilégiées pour soumettre aux élèves le problème de pavage. Ensuite nous décrivons le dispositif : comment de deux environnements testés séparément nous réalisons une situation dans un environnement composite²².

2.1. Variables didactiques pour le problème

Définir un pavage c'est définir un motif de pavage, un espace à paver et un mode de reproduction de ce motif pour recouvrir l'espace choisi. Nous plaçant au niveau cinquième, nous avons choisi d'exploiter le motif *triangle* que l'on pourra reproduire par différentes symétries. Les élèves pourront ainsi montrer soit qu'ils ont construit un réseau de parallélogrammes à l'aide de deux triangles par symétries centrales successives, soit qu'ils ont associé les triangles par trois pour construire des bandes, soit encore qu'ils ont associé les triangles par 6 et pavé à l'aide d'hexagones. Les propriétés des angles ou des symétries leur permettront de justifier leurs résultats.

Les questions du problème établies afin de permettre de conjecturer, puis de donner des preuves de la conjecture, sont :

1^{re} : *Peut-on faire un pavage avec n'importe quel triangle ?*

2^e : *Qu'est-ce qui prouve que la réponse à la première question est juste ?*

2.2. Configuration didactique

Dans nos travaux de recherche antérieurs, ce problème de pavage a été proposé à des élèves de cinquième dans le seul environnement de *gabarit*, pour une classe (Puig Renault, 2006), et pour une autre classe dans le seul environnement de *Cabri Géomètre*. Nous relevons dans les paragraphes suivants ce qui nous a semblé utile de retenir de ces expérimentations.

22. Composite au sens où comme un matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux donnant un nouveau matériau possédant des propriétés que les éléments seuls n'ont pas.

Dans l'environnement de *gabarit*, la situation a « fonctionné », dans le sens où les élèves ont émis des conjectures et les ont justifiées en faisant majoritairement référence à la définition du pavage ; mais la démarche de preuve s'est faite surtout à l'oral et n'a pas toujours abouti à une formulation claire.

Pour réaliser l'expérimentation dans l'environnement *Cabri Géomètre*, nous nous sommes appuyés sur les travaux de Soury-Lavergne (1999) et Restrepo (2008) qui ont mis en avant la nécessité de travailler l'instrumentation du déplacement (la deuxième séance a été conçue dans ce sens). Majoritairement l'entrée dans le problème a été plus difficile, mais les essais ont été très divers d'un groupe à l'autre. On a gagné, dans cet environnement, des figures plus fiables, ici pas de défauts de réalisation. Cependant ces figures n'ont pas toujours été bien interprétées.

Composer les environnements doit permettre de pallier les faiblesses de chacun comme la non-fiabilité des figures dans l'environnement gabarit, le non-emploi du déplacement dans l'environnement de géométrie dynamique et enfin des expériences qui n'apportent pas toujours les bonnes conclusions ; mais aussi de tirer parti des différentes entrées, de permettre les réfutations des contre-exemples, d'établir un dialogue entre les diverses expériences (un essai non fructueux dans un des environnements peut l'être dans l'autre).

2.3. Mode d'exploitation

Nous avons donné des raisons qui ont motivé cette construction. Il faut encore déterminer dans quel ordre nous composerons les deux environnements, comment nous aiderons le passage de l'un à l'autre.

Nous avons choisi de donner la possibilité aux élèves d'explorer le problème dans les deux environnements. La séance de résolution du problème d'une durée de deux heures, alterne des phases où la classe travaille, en duos, dans des environnements différents, puis des phases de concertation où les duos regroupés en quatuors partagent leurs expériences. Dans une phase terminale, les élèves présentent au moyen d'affiches leur résolution et écrivent individuellement leur conclusion.

L'accompagnement est réalisé d'une part par deux séances de préparation, l'une permettant de s'approprier la définition de pavage²³ et de motif, la seconde de travailler avec Cabri Géomètre l'instrumentation des déplacements et les tracés de symétriques. D'autre part la troisième séance – résolution du problème – est jalonnée par la production d'écrits et les moments d'interaction entre duos.

Les gabarits sont en libre accès. Les macros triangles dans l'environnement Cabri Géomètre sont repérées par les mêmes couleurs que ces derniers. Ces repères peuvent permettre d'associer les essais d'un environnement à l'autre.

23. Faire un pavage c'est recouvrir le plan avec des figures superposables sans laisser de trous ni de chevauchement.

L'avancée des travaux et le résultat des échanges entre duos seront écrits sur différents supports : les affiches (une par quatuor) pour les travaux avec les gabarits, les dossiers Cabri Géomètre (un par duo) comporteront les différents essais avec le logiciel et la feuille polycopiée d'expérience sera complétée individuellement tout au long de la séance.

Nous avons défini des configurations didactiques et leur mode d'exploitation, à charge de chacun, maintenant, de jouer sa partition musicale.

3. Réalisation didactique

Ce dispositif a été testé dans une de mes classes de cinquième, puis réajusté après analyse des productions. Il a été testé cette année dans une autre classe de cinquième par un autre enseignant volontaire. Pour ces deux expérimentations, il a été réalisé des enregistrements vidéo de deux des quatuors dans l'environnement *gabarit*, des enregistrements avec *Camstudio* des réalisations dans l'environnement *Cabri Géomètre*. On a relevé ensuite les fichiers Cabri, les feuilles d'expérience et les affiches de l'ensemble de la classe (une vingtaine d'élèves dans les deux cas).

4. Analyse de quelques exemples

Les exemples choisis montrent l'évolution des arguments au cours de la démarche expérimentale, d'un environnement à l'autre, l'un est relevé de la première expérimentation, l'autre de la seconde expérimentation. Pour chacun d'eux sont repérés les éléments de preuve dans le processus de la conjecture à la production d'une réponse au problème.

4.1. Premier exemple

Ces extraits de la troisième séance montrent deux duos, séparément, dans un environnement différent (phase 1 et phase 3), ensemble, pour les phases 2 et 4 de concertation. On note l'évolution des raisonnements, de phase en phase : la conjecture, le choix des différents triangles, les arguments avancés et confrontés.

Environnement gabarit : duo1-1 et duo1-2	Environnement Cabri Géomètre : duo2
<p>Sur l'affiche, duo1 a fait 3 essais avec :</p> <p>1 des triangles isocèles,</p> <p>2 des triangles rectangles</p> <p>3 des triangles rectangles isocèles.</p> <p>Chaque essai est suivi du commentaire écrit : « <i>ça marche, mais il y a quelques imperfections dans les triangles.</i> » Le duo prend les gabarits les uns à la suite des autres, utilise entre 6 et 8 unités de chaque sorte, collés directement sur l'affiche. Les élèves se sont réparti le travail, l'un sériant les gabarits</p>	<p>Le premier essai (triangles isocèles), est réalisé par duo2 après différents tracés. L'enseignant, en demandant, « comment peut-on reproduire une figure ? » leur permettra de démarrer.</p> <p>Essai 1 : 7 triangles isocèles reproduits par symétrie par rapport aux côtés, en tournant autour d'un sommet. Réaction : « <i>oh !!! Ya un trou.</i> ».</p> <p>Essai 2 : Même procédure avec des triangles rectangles. Même si à l'évidence,</p>

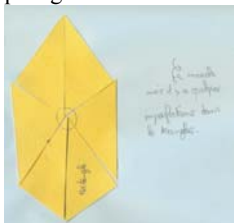
<p>des différents triangles, l'autre réalisant les pavages.</p> 	<p>la figure constituée n'est pas un pavage la conclusion orale est : « Bon. On laisse comme ça normalement alors avec le symétrique avec le triangle rectangle ça marche ».</p> <p>Essai 3 : Même procédure avec des triangles isocèles rectangles.</p> <p>À l'issue de ces essais, réponse 1 : « non il faut un triangle particulier pour faire un pavage : isocèle ou rectangle » réponse 2 : « on a fait des essais et certains triangles ne forment pas des pavages... il reste des espaces ».</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tableau 1. Description des actions conjointes de duo1 et duo2 pendant la phase 1 chacun dans un environnement

Dans cette phase (tableau 1), que ce soit dans un environnement ou dans l'autre, les élèves ont procédé à différents essais, chacun portant sur un triangle de nature différente. Dans l'environnement gabarit, le duo a établi sa conjecture, pour le triangle choisi, par les mots « ça marche ». Le fait que les gabarits n'avaient pas des tracés toujours fiables ne les a pas empêchés de valider leur figure. À ce stade la validation de leur figure est seulement perceptive. Dans l'environnement Cabri, le duo invalidera son essai car il y a des trous. Il ne remettra pas en cause le mode de pavage, il reprendra la procédure de cet essai pour les triangles rectangles. Bien que son deuxième essai présente à nouveau des trous, il le validera. Ce duo a la conviction que ce type de triangles pave et la figure ne la remet pas en cause.

Échange entre duos : la conjecture est établie pour quelques cas et se traduit par les deux mots « ça marche ». Ils égrènent leurs différents essais :	
duo2-1	ça c'est triangle isocèle ça marche pas parce que là y a un espace
duo2-1	là on a fait symétrie donc c'est sûr que ça marche pas isocèle ça marche pas
duo1-1	là rectangle
duo2-1	là rectangle ça marche ça marche bien
duo2-2	parce que là on peut continuer de ce côté et isocèle rectangle ça marche
duo2-1	isocèle ça marche pas
duo2-2	rectangle ça marche isocèle rectangle ça marche
duo1-1	isocèle ça marche
Les deux duos se quittent sur ce désaccord, ils se donnent des instructions pour l'affiche : continuer avec les gabarits de triangles qui n'ont pas été utilisés.	

Tableau 2. Phase 2 : confrontation entre les deux duos

Dans cette phase (tableau 2), les deux duos font le point sur leurs différents essais en spécifiant pour chacun des essais si « ça marche ou non » sans préciser davantage. Ils ne sont pas d'accord sur les triangles isocèles. duo2 n'a pas réussi de pavage avec ce type de triangle avec Cabri Géomètre mais duo1 en a fait un avec des gabarits, il met au défi duo2 de le réaliser dans le deuxième environnement. Cet échange va influencer sur la suite des essais : duo1 va relever le défi dans l'environnement gabarit, duo2 poursuivra les essais de duo1, avec d'autres triangles, sur l'affiche.

Environnement gabarit : duo2	Environnement Cabri Géomètre : duo1
<p>À la suite de l’affiche de duo1 :</p> <p>Essai 4 avec des triangles équilatéraux et les essais 5 et 6 avec des triangles quelconques. Le dernier essai ne constitue pas un pavage mais est considéré comme en étant un. C’est la seule erreur de pavage de l’affiche. La formulation écrite, est :</p> <p><i>« ça marche et il n’y a aucun espace entre les triangles mais quelques imperfections au niveau du découpage des triangles. »</i></p>	<p>Essai 1 : <i>« moi je vous le fais marcher triangle isocèle... Je veux pas faire axiale, je veux faire la centrale [...] il faut placer les milieux [...] le symétrique de ce triangle par rapport à ce point (ter) tu es d’accord avec moi comme quoi ça marche ? »</i> dit duo1-1 à duo1-2</p> <p>Essai 2 : triangles isocèles reproduits par symétrie axiale (pour montrer que cet essai est infructueux avec les triangles isocèles).</p> <p>Essai 3 : avec des triangles quelconques : <i>« ça a l’air de marcher... je change de vote »</i> pour signifier qu’il change de conjecture.</p> <p>Réponse 1 : <i>« oui mais tout le temps avec de la symétrie centrale (la symétrie axiale marche quelquefois) »</i></p> <p>Réponse 2 : <i>« À chaque fois et avec n’importe quels triangles (isocèles, rectangles, quelconques...) il n’y a ni trous ni chevauchement donc les figures sont des pavages. »</i></p>

Tableau 3. Description des actions conjointes des deux duos : phase 3 (les duos ont changé d’environnement)

Dans cette phase (tableau 3), duo1, dans l’environnement Cabri Géomètre, commence par réaliser son défi : un pavage à l’aide de triangles isocèles. Puis le duo réalisera d’autres essais. La validation de la conjecture de pavage avec n’importe quel triangle ne viendra qu’après un essai avec des triangles quelconques. La justification fait référence à la définition et aux procédures. Dans l’environnement gabarit, l’autre duo conclut après ses essais avec les mêmes expressions que celles employées par duo1. À ce stade, duo2 n’a pas encore validé la conjecture, et hésite sur les procédures à employer pour paver avec un triangle quelconque.

Dans la phase 4, nouvelle concertation entre duos. 3 des élèves sur 4 s’accordent sur la réponse à donner à la conjecture : il est possible de paver avec n’importe quel triangle. Ils argumentent sur les procédures employées : symétrie centrale ou symétrie axiale.

Ces différentes réponses peuvent être analysées du point de vue de la démarche de preuve. Les preuves pragmatiques attachées à la figure : « ça marche mes essais le prouvent » sont les preuves données dans un premier temps. Ensuite les élèves font référence à la définition (il y a des trous, des espaces). D’un environnement à l’autre et lors des échanges, ils vont différencier les cas et trouver diverses procédures, ils y feront référence dans leurs justifications. D’autre part le théorème : « je n’arrive pas à paver avec le triangle isocèle, alors le triangle isocèle ne pave pas » est mis en échec pour duo2 dans la phase 4 où, grâce à la confrontation avec duo1, il se rend à l’argument que c’est sa procédure qui ne convient pas et non le triangle qui ne pave pas.

4.2. Deuxième exemple

La plupart des élèves commencent par réaliser un pavage avec des triangles équilatéraux. Ce n'est pas le cas de ce duo qui traitera ce cas après avoir traité celui des triangles isocèles et alors que son duo associé aura déjà traité le cas des triangles quelconques sur l'affiche dans l'environnement gabarit.

Ce duo (duo3-1/duo3-2) travaille dans l'environnement Cabri Géomètre dans la phase 1 : il expérimente essentiellement avec le triangle isocèle, l'essai conservé est illustré ci-dessous. Comme beaucoup d'autres duos, le démarrage est difficile car l'idée de reproduire à l'identique n'est pas associée directement à l'action de reproduire par symétrie.

Dans la phase 2, l'échange permet de trouver un pavage pour les triangles isocèles dans l'environnement gabarit.

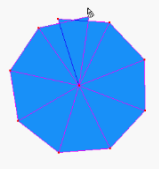
Essai avec Cabri	Partie de la feuille d'expérience après les échanges duo3-1															
	<p>« La figure en rond du triangle isocèle ça marche pas des masses »</p> <table><tr><th colspan="3">Phase 1 : Avec Cabri</th><th rowspan="2">Pavage réussi? Pourquoi?</th></tr><tr><th>Essai n°</th><th>Figure employée</th><th>Comment j'ai pavé?</th></tr><tr><td>1</td><td>triangle isocèle en rond</td><td></td><td>non, l'un des triangle ne rentre pas</td></tr><tr><td>2</td><td>triangle isocèle</td><td>en rectangle collé ensemble</td><td>oui car c'est comme un rectangle.</td></tr></table>	Phase 1 : Avec Cabri			Pavage réussi? Pourquoi?	Essai n°	Figure employée	Comment j'ai pavé?	1	triangle isocèle en rond		non, l'un des triangle ne rentre pas	2	triangle isocèle	en rectangle collé ensemble	oui car c'est comme un rectangle.
Phase 1 : Avec Cabri			Pavage réussi? Pourquoi?													
Essai n°	Figure employée	Comment j'ai pavé?														
1	triangle isocèle en rond		non, l'un des triangle ne rentre pas													
2	triangle isocèle	en rectangle collé ensemble	oui car c'est comme un rectangle.													

Figure 1. Traces pour les phases 1 et 2 de duo3-1

Le critère de pavage (figure 1) est « c'est comme un rectangle ». L'élève consigne les 5 essais les uns à la suite des autres, sans distinguer ceux réalisés avec Cabri Géomètre ou avec les gabarits, de ceux réalisés par l'autre duo.

Dans la phase 3, dans l'environnement gabarit, la discussion du duo porte sur le cas du triangle équilatéral : l'un place les triangles en tournant autour d'un sommet et réalise ainsi un hexagone, « on fait avec les triangles équilatéral, on fait des ronds », l'autre conteste cette figure aux motifs : « ça c'est plus facile il faut trouver un truc plus complexe, ça a déjà été fait », puis ensuite « ça ne marche pas les ronds... ce n'est pas une question de trou au milieu ou quoi que ce soit mais c'est une question de trou autour. »

On voit par cette objection, qu'il a compris que pour l'essai avec les triangles isocèles, dans l'environnement Cabri, c'était la méthode qui était en défaut ; il pense qu'il en est de même pour les triangles équilatéraux.

Dans la phase 4, en accord avec l'autre duo, ils collent 6 triangles équilatéraux. L'« objecteur » cède néanmoins en lâchant « un bon écoute on verra » et ajoute cet essai dans sa feuille d'expérience comme suit (figure 2) :

Au dos de la feuille le tableau est prolongé pour cet essai	<div data-bbox="660 405 1204 517"> <div>5</div> <div>triangle équilatéral</div> <div>en grand</div> <div>oui</div> </div>
Suite des réponses : Les 4 triangles font référence aux 4 essais de triangles de nature différente.	<div data-bbox="660 517 1204 784"> <div>Phase 2 : Après discussion avec l'autre duo</div> <div>Réponse aux deux questions :</div> <div>Pour ces 4 triangles oui. Il faut regarder le tableau</div> </div>

Figure 2. Traces de duo3 pour l'essai 5 après la phase 4 d'échanges entre duos.

Le vocabulaire est approximatif, mais on remarque que les essais s'enrichissent d'un environnement à l'autre et que la conjecture semble s'être stabilisée au cours de la séance. En effet, le groupe présentera son affiche en précisant : « on pensait que pour le triangle isocèle sur la feuille ça marchait et sur l'ordi ça marchait pas, on a fait une symétrie, le milieu sur les côtés... et après ça a marché »

5. Conclusion

Les élèves ont réalisé différents essais. Les figures tracées avec le logiciel de géométrie ont apporté d'autres cas à ceux tracés avec les gabarits. Dans la plupart des réponses, c'est un raisonnement par disjonction des cas qui a été invoqué. Ensuite, pour ce qui concerne les justifications, il est à remarquer que les figures validées dans l'environnement gabarit ont été ensuite questionnées quand il a fallu les réaliser dans l'environnement Cabri Géomètre. Apporter une réponse dans cet environnement c'est d'abord décider d'un mode de reproduction, puis de choisir une transformation, en l'occurrence, une symétrie.

Toutes les démarches d'une classe à l'autre n'ont pas été comparées, mais on peut noter des similitudes sur le comportement des élèves, dans ce dispositif, face à ce problème : les différentes stratégies adoptées (soit d'associer des côtés de même mesure, soit de tourner autour d'un sommet), les interactions qui apportent à la résolution du problème, la conjecture qui se stabilise peu à peu, les éléments de preuves qui sont apportés sur les symétries, sur les parallélogrammes.

La preuve formelle n'a pas été écrite, mais on est entré, indubitablement, dans une démarche de preuve.

6. Bibliographie

- Balacheff, N. (1987). Processus de preuve et situations de validation. *Educational Studies in Mathematics*, 18, p. 147-176. Disponible sur Internet : <http://www.springerlink.com/content/187v08m65648n6n0/>
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée Sauvage.
- Dias, T., & Durand-Guerrier, V. (2005). Expérimenter pour apprendre en mathématiques. *Repères IREM* 60, p. 61-78. Disponible sur Internet : http://www.univ-irem.fr/spip.php?article=71&id_numero=60&id_article_reperes=416
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Van Gisbergen, S. (2009). Instrumental orchestration : theory and practice. In V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne & F. Arzarello, Proceedings of CERME 6, p. 1349-1358, Lyon : INRP. Disponible sur Internet : <http://www.inrp.fr/publications/edition-electronique/cerme6/wg7-31-drijvers.pdf>
- Kuntz, G. (dir.), Bacconnier, B., Carraud, F., Dias, T., Durand-Guerrier, V., Poyet, F., Trgalova, J., Trouche, L. (2007). *Démarche expérimentale et apprentissages mathématiques*. Les dossiers de la Veille scientifique et technologique de l'INRP. Disponible sur Internet : http://www.inrp.fr/vst/Dossiers/Demarche_experimentale/sommaire.htm
- Puig Renault, I. (2006). Étude d'un moment sensible dans l'apprentissage de la géométrie : une situation de pavage. Master HPDS, Université Lyon 1, 96 p.
- Rabardel, P. (1999). Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In M. Bailleul (dir.), *Actes de l'école d'été de Didactique des mathématiques*, p. 202-213. IUFM de Caen.
- Restrepo, A. (2008). *Genèse instrumentale du déplacement en géométrie dynamique chez les élèves de 6^e*. Thèse de doctorat, Université J Fourier Grenoble, 256 p. Disponible sur Internet : <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00334253/en/>
- Soury-Lavergne, S. (1999). Les primitives de Cabri Géomètre-Géomètre dans le préceptorat distant de Tél-Cabri Géomètre, in M. Bailleul (Dir.). *Actes de l'école d'été de Didactique des mathématiques*, p. 321-328). IUFM de Caen.
- Trouche, L. (2005). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 25 (1), p. 91-38.

Les jeux, des espaces de réflexivité permettant la mise en œuvre de démarches d'investigation

Eric Sanchez^{*,}, Caroline Jouneau-Sion^{*}**

** Équipe EducTice – INRP
19, Allée de Fontenay
69007 Lyon
eric.sanchez@inrp.fr*

*** Faculté d'éducation
Université de Sherbrooke
Sherbrooke, Qc, J1K2R1, Canada*

RÉSUMÉ. Nous présentons ici les premiers résultats du projet Jeux & Apprentissage conduit au sein de l'équipe EducTice à l'Institut national de recherche pédagogique (INRP). Nos travaux sont fondés sur l'idée piagétienne que l'apprentissage est un phénomène adaptatif qui résulte d'interactions. Ils s'appuient sur la Théorie des Situations Didactiques ce qui nous conduit à concevoir une situation d'apprentissage comme un espace de réflexivité au sein duquel les élèves peuvent élaborer leurs propres stratégies et mettre à l'épreuve leur manière de penser et d'agir. Ces situations d'apprentissage peuvent prendre la forme de situations ludiques qui favorisent l'engagement, la prise de décision, l'autonomie et la collaboration entre pairs. Des technologies telles que la géomatique ou la réalité augmentée apparaissent alors comme des outils de choix pour concevoir de telles situations et permettre l'implication des élèves dans ce processus de conception.

MOTS-CLÉS : démarche d'investigation, jeu, situation d'apprentissage, milieu didactique, TIC

KEYWORDS : inquiry, game, learning situation, didactical milieu, ICT

Introduction

L'usage de méthodes stéréotypées dans l'enseignement des sciences a été tôt et maintes fois dénoncé (voir par exemple Lacombe, 1989). Des voix se sont élevées pour appeler à la mise en œuvre de démarches plus proches de l'activité scientifique (Gil-Perez, 1993), pour étudier des situations « authentiques », faisant sens pour les élèves et permettant le développement de compétences. Cela se traduit par des attentes institutionnelles fortes qui voient dans un enseignement fondé sur l'investigation une réponse à la question de la désaffection des jeunes pour les études scientifiques (Rocard *et al.*, 2007). Elles s'expriment également par des réformes dans les curricula de nombreux pays dont la France, et sous la forme de la mise en place de dispositifs facilitant ce type d'approche tels que La Main à la Pâte²⁴.

La mise en place d'un tel enseignement ne va pas sans poser des difficultés aux enseignants. Ces difficultés sont en particulier d'ordre techno-pédagogique (Anderson, 1998). Elles portent sur la conception de situations d'apprentissage dans lesquelles les élèves peuvent s'engager pour résoudre des problèmes ouverts en autonomie et en interaction avec leurs pairs. Ces situations d'apprentissage peuvent prendre la forme de situations ludiques qui favorisent l'engagement, la prise de décision, l'autonomie et la collaboration entre pairs. Ces situations peuvent également comprendre l'usage des technologies numériques. La conception de ce type de situation a fait l'objet d'un projet de recherche conduit au sein de l'équipe EducTice à l'INRP (Sanchez *et al.*, 2010 ; Sanchez & Jouneau-Sion, 2009).

Nous en présentons ici les fondements théoriques, les questions de recherche et les premiers résultats.

1. Cadre théorique

1.1. Démarche d'investigation et apprentissage des sciences

Nous avons, dans un travail précédent (Sanchez, 2008), discuté le concept de *démarche d'investigation*. Cela nous avait conduit à considérer qu'une démarche d'investigation comprend un ensemble de tâches qui consistent dans la mise en tension de résultats issus de travaux empiriques avec les éléments théoriques constitutifs des modèles scientifiques de référence. Si d'autres définitions proposent un point de vue plus large et englobant, dans le processus, les « débats avec les pairs » (Linn, Davis, & Bell, 2004) ou insistent sur l'importance d'activités pratiques (Jorde *et al.*, 2009), toutes soulignent le caractère problématique de la connaissance (les démarches mises en œuvre conduisent à la résolution de

24. <http://www.lamap.fr>

problèmes) et l'importance accordée à l'autonomie des élèves impliqués dans de telles démarches.

L'engagement des élèves dans une démarche d'investigation implique donc qu'ils soient placés dans un contexte rationnel qui les conduise à formuler des problèmes et proposer des solutions.

1.2. Situations d'apprentissage, situations didactiques

Nos travaux sont fondés sur l'idée piagétienne que l'apprentissage est un processus adaptatif et que « les connaissances se manifestent essentiellement comme des instruments de contrôle des situations » (Brousseau, 1997). Ainsi « un sujet manifeste ses connaissances dans ses interactions avec un *milieu* selon les « règles » ou dans le cadre d'une situation » (*ibid.*). Le concept de *milieu didactique* énoncé par Brousseau est central dans notre approche. Il s'agit du système avec lequel l'élève interagit. Si le *milieu didactique* réagit aux actions que l'élève exerce sur lui, ce dernier peut en tenir compte pour ses propres actions. L'apprentissage dépend alors de la correction des actions effectuées et de l'anticipation de leurs effets. L'apprentissage est alors considéré comme un processus qui conduit l'apprenant à élaborer des connaissances en s'affrontant à un *milieu didactique*. Mais il ne s'agit pas d'un simple ping-pong behavioriste qui conduirait à ce que l'apprenant modifie ses actions en fonction des rétroactions du milieu selon un modèle stimulus/réponse. Par situation d'apprentissage nous entendons *situation didactique*, c'est dire un espace de réflexivité au sein duquel l'apprenant est placé en position d'analyser les conséquences de ses actions et mettre à l'épreuve sa manière de penser et d'agir.

Ainsi, la question de la conception du *milieu didactique* est cruciale. Le *milieu didactique* comprend des objets matériels et symboliques mais également d'autres acteurs de la situation comme les élèves eux-mêmes (*ibid.*).

1.3. Le jeu comme modulation de situations réelles

Nous avons choisi de nous intéresser aux *situations d'apprentissages ludiques* dont le pouvoir de motivation a été largement démontré (Egenfeldt-Nielsen, 2007). Nous entendons par jeu la modélisation d'une situation de référence » à laquelle les acteurs engagés confèrent une autre signification que celle liée aux comportements utilisés ». Un jeu est également caractérisé par la présence d'une décision » non seulement celle de jouer ou d'entrer dans le jeu, mais le fait que le jeu n'est qu'une succession de décisions » (Brougère, 2005). Nous verrons que nous avons choisi d'élaborer une situation pour laquelle les technologies occupent une place importante. Mais notre propos est de considérer la situation de laquelle émerge le sentiment ludique plutôt que le ou les artefacts utilisés qui ne deviennent véritablement jeux que lorsqu'ils sont mis entre les mains d'un joueur.

Ainsi, parmi les critères que nous retenons pour caractériser une situation d'apprentissage ludique, le principal est qu'un jeu relève d'une activité de second degré dans laquelle le joueur est, dans le cadre de règles explicites, libre de ses

initiatives et de ses décisions (Brougère, 2005). Le sentiment ludique émerge sous la forme d'un flow (Csikszentmihalyi, 1990) qui se caractérise par le fait que le joueur a le sentiment qu'il peut réussir la tâche dans laquelle il est profondément engagé et qu'il y consacre l'essentiel de sa concentration.

2. Questions de recherche

Cela nous conduit à considérer que la question de l'engagement des élèves dans une démarche d'investigation peut être posée en termes d'élaboration de milieu didactique. Il s'agit, *in fine*, de concevoir une situation d'apprentissage qui constituera un espace de réflexivité au sein duquel les élèves peuvent mettre à l'épreuve leurs façons de penser et d'agir pour en élaborer de nouvelles. Partant de ce constat nous abordons la question de la conception de telles situations selon deux approches :

- (a) La première aborde la question des éléments à prendre en compte pour l'élaboration de ce milieu didactique.
- (b) La seconde question porte sur la nature des apports des technologies dans ce processus de conception.

Notre hypothèse est que l'emploi d'éléments ludiques dans le milieu didactique permettra l'élaboration de cet espace de réflexivité.

3. Méthodologie

3.1. Une ingénierie didactique

La méthodologie de notre recherche repose sur une ingénierie didactique c'est-à-dire un dispositif permettant d'articuler une analyse *a priori* conduisant à la conception de situations de classe et une analyse *a posteriori* de ces situations expérimentées (Artigue, 1988).

La méthodologie que nous avons adoptée relève d'une méthodologie de type *Design Based Research* (Wang & Hannafin, 2005) selon laquelle le dispositif expérimental évolue en fonction des résultats de recherche obtenus. Ainsi, les écarts observés entre les tâches prescrites par l'enseignant et l'activité des élèves nous ont permis de faire évoluer les situations. Néanmoins, nous ne décrivons ici que la dernière situation que nous avons expérimentée.

Les données recueillies sont issues des échanges qui ont eu lieu lors des rencontres des membres de l'équipe. Chercheur et enseignants se sont concertés pour arrêter les choix qui ont présidé à la conception des situations. Des *focus groupes* ont permis de discuter les impacts de ces choix. Les notes prises lors de ces rendez-vous ont permis de lister les éléments qui ont paru déterminants aux enseignants impliqués dans la conception des séances. Un séminaire, ouvert à

d'autres enseignants et à des chercheurs impliqués dans la conception de situations d'apprentissage ludiques, a été consacré à la discussion des éléments que nous avons identifiés comme prépondérants dans la situation expérimentée. Les *focus groupes* ont aussi été des moments aux cours desquels les matériaux recueillis (productions des élèves et enregistrements vidéo) ont été discutés afin de déterminer les stratégies mises en œuvre par les élèves et les éléments de la situation qui ont eu un impact sur ces stratégies.

3.2. Un jeu de rôle sur l'implantation d'énergies renouvelables

La situation expérimentée se présente sous la forme d'un jeu de rôle. Elle a concerné deux classes de lycéens (seconde) qui jouent les rôles de personnages fictifs impliqués dans des choix d'implantation d'énergies renouvelables pour une municipalité.

Un binôme qui joue le rôle d'une commission d'appel d'offres, (CAO) lance un appel aux entreprises spécialisées dans les énergies renouvelables. Ces différentes entreprises jouées par d'autres binômes d'élèves disposent alors de six semaines pour monter un dossier répondant au cahier des charges. Chaque dossier, accompagné d'un poster, sera défendu lors d'une présentation devant la CAO. Par ailleurs, l'équipe municipale, soucieuse de connaître l'avis des citoyens, invite une association (un autre binôme) à prendre part aux débats. Elle lance ensuite une vaste consultation citoyenne (l'ensemble des élèves du lycée) qui conduit à un vote. À l'issue de ce vote, la CAO annonce le projet retenu.

Les élèves disposent de deux semaines pour réaliser un préprojet. Ils utilisent notamment des modèles 3D sur le modèle numérique de terrain de *Google Earth*, qui doivent être positionnés en fonction de contraintes techniques et environnementales. Le préprojet est défendu devant l'ensemble des participants. Les entreprises disposent alors de deux semaines, pour réviser leur projet en fonction des remarques et des critiques émises.

Pendant ce temps, la CAO et l'association de citoyens disposent de Pocket PC pour vérifier sur le terrain la cohérence technique et environnementale des divers projets. Pour cela, ils utilisent un jeu qui diffuse des interviews d'habitants concernés par les projets lorsque le *Pocket PC* est localisé dans une zone où une entreprise a prévu des aménagements.

4. Résultats

4.1. Un espace de réflexivité qui suscite motivation et engagement

L'un des premiers défis auquel notre équipe a été confrontée a été de susciter la motivation et l'engagement des élèves. Le travail qui a été réalisé nous conduit à distinguer deux catégories de facteurs à prendre en compte. Les facteurs qui

soutiennent la *dévolution* conduisent à l'acceptation par les élèves de la responsabilité du problème à résoudre, à leur prise de conscience que la résolution du problème ne dépend que des connaissances qu'ils engageront dans la situation (Brousseau, 1998). Les facteurs qui soutiennent la *motivation* portent sur la volonté des élèves de persévérer pour atteindre le but fixé par la situation (Viau, 1994).

L'un des principaux facteurs de dévolution que notre travail a permis de mettre en évidence est la clarté de la tâche qui est assignée aux élèves et qui se concrétise par des réalisations qui pourront être soumises à jugement. Dans notre ingénierie didactique, cela se traduit par des points d'étapes, tout au long du projet, tels que des communications, orales ou sous la forme de posters. La question du sens est également un facteur important. Il s'agit de la pertinence que l'élève attribue à la tâche qui lui est confiée et cet aspect devient crucial dans une situation dans laquelle l'autorité de l'enseignant diminue et l'élève est responsabilisé. Ce point a guidé le choix de la thématique du jeu qui est un sujet d'actualité posé à l'échelle locale. Le caractère ludique de la situation joue également un rôle important dans la mesure où il permet de diminuer le sentiment de peur de l'échec. L'enseignant en charge de l'animation du jeu a ainsi marqué la transition entre la situation de classe « ordinaire » et la situation ludique en se présentant comme le maire de la ville bardé d'une écharpe tricolore. Le fait que la situation représente un défi, que les élèves perçoivent que ce défi est à leur portée nous a paru également important pour leur engagement d'un point de vue cognitif.

Des stratégies très différentes ont été observées pour les différentes équipes : projets axés sur la qualité de la communication avec la volonté de séduire plutôt que convaincre, projets technocentrés visant à démontrer la maîtrise des outils de géolocalisation et de modélisation ou projets fondés sur une analyse des concepts montrant le désir de démontrer la justesse des choix effectués. Ce n'est que dans un second temps, après que leurs pairs ont souligné les faiblesses des préprojets et présenté d'autres alternatives, que les élèves tendent à réviser leurs stratégies. Le temps consacré à la présentation des préprojets a été un moment d'échanges assez vifs entre les « entreprises », l'équipe « municipale » et « l'association de citoyens » qui par ailleurs utilisent les noms de leurs personnages pour s'invectiver. La compétition, la coopération ou la collaboration que la situation encourage semblent également de puissants facteurs de motivation pour certains élèves. Ces éléments humains du milieu didactique sont donc cruciaux.

Les productions des élèves montrent que des éléments matériels du *milieu didactique* tels que les informations mises à leur disposition ont été pris en compte dans les projets élaborés. L'usine de méthanisation a été placée à proximité d'une route mais loin des centres urbains. Aucune éolienne ne sera finalement placée à proximité de la plage après la consultation de l'interview d'un « vacancier en colère » diffusée par le Pocket PC sur les lieux mêmes de l'aménagement prévu.

La conception du jeu a donc consisté à élaborer un milieu didactique composé d'éléments matériels (les artefacts, les ressources mises à disposition), symboliques (les règles) et humains (les élèves eux-mêmes). C'est en tentant d'agir sur ce milieu

que les élèves reçoivent les rétroactions susceptibles de les aider à valider leurs choix. Les rétroactions que les élèves obtiennent, de leurs pairs ou d'autres éléments du *milieu didactique* leur permettent de lier leurs décisions à leurs réussites comme à leurs échecs.

4.2. Un espace de réflexivité vécu comme authentique, complexe et non déterministe

Un jeu est une activité de second degré. Il résulte de la transposition d'une situation de référence dont seuls certains éléments ont été retenus. Nous avons ainsi été amenés à transposer, en contexte scolaire, les modalités d'un processus d'appel d'offres. La transposition s'est attachée à conserver le caractère authentique de la situation qui peut alors être considérée comme une *situation complexe*. Par *situation complexe* nous entendons une situation qui échappe au déterminisme simple et qui implique la mise en œuvre de *tâches complexes* (Lasnier, 2000). Il n'est pas toujours possible d'obtenir toute l'information nécessaire, il est difficile d'évaluer les conséquences de l'application des solutions proposées, la sérendipité peut jouer un rôle important dans le processus d'investigation. Ainsi, il n'y a pas une solution unique pour la mise en place d'énergies renouvelables mais plutôt différentes possibilités pour lesquelles il faut sélectionner la ou les meilleures informations parmi celles qui sont disponibles au moment de la prise de décision. La connaissance est alors comprise comme une construction résultant d'un processus de recherche et d'investigation. (King & Kitchener, 1994). La situation élaborée n'est pas définie avec un haut degré de certitude (*ill structured problem*).

La situation conduit les élèves à engager une réflexion sur la diversité des facteurs à prendre en compte et à « vivre » les controverses des experts. Elle leur permet de prendre conscience des connaissances qu'ils mobilisent mais aussi des zones d'ombre et d'incertitude que Morin (2000) qualifie de « cécités de la connaissance ». Elle leur permet d'identifier des manques par rapport à des éléments susceptibles d'éclairer le processus de décision. La situation permet ainsi une approche de la complexité dans le cadre d'une éducation à la citoyenneté.

Cette expérimentation a également montré l'intérêt des technologies pour conserver le caractère authentique et complexe du problème à résoudre. La géomatique permet d'offrir aux élèves un accès à une information riche, abondante et actualisée tout en offrant des outils puissants pour la traiter. Par ailleurs, l'utilisation de la réalité augmentée, c'est-à-dire l'apport, à l'aide des *Pocket PC* utilisés sur le terrain, d'informations qui viennent enrichir la réalité perçue, est une plus value intéressante pour la situation. Les enseignants ont apprécié de bénéficier de la richesse du terrain tout en gardant un certain contrôle sur les informations dont les élèves disposent. L'élément important ici semble que la réalité augmentée aide les élèves à extraire, de la complexité, l'information pertinente pour résoudre le problème qui leur a été confié.

4.3. *Un espace de réflexivité co-construit*

Ce travail nous a amené à identifier que l'élaboration du milieu didactique est un travail considérable et complexe de collecte d'information et d'anticipation sur les stratégies des élèves. Il montre également qu'il est impossible, pour une situation d'apprentissage complexe, de prévoir l'ensemble de ces rétroactions. Une situation non déterministe implique que le milieu didactique puisse évoluer en fonction de l'évolution de la situation elle-même.

Nous avons pris en compte cet aspect en impliquant les élèves dans l'élaboration du *milieu didactique*. Cette implication se traduit d'abord par le travail d'équipe. L'élaboration d'une production commune implique la mise en place de coopérations et/ou de collaborations. Au sein de chaque équipe, chacun peut réagir aux propositions formulées par les autres. Un second niveau d'implication consiste dans les séances consacrées aux présentations des projets. La compétition qui a été instaurée conduit les élèves à porter un regard critique sur les projets des équipes concurrentes et à formuler des objections qui constituent autant de rétroactions dont il faudra tenir compte.

Le choix d'inclure dans la situation des phases de compétition, de coopération et de collaboration enrichit le milieu didactique de la situation et permet ainsi à chacun des participants d'éprouver sa manière de penser et d'agir. La situation apparaît alors comme un espace de réflexivité co-construit par l'enseignant et les élèves à l'aide de technologies qui permettent la collecte et la diffusion des données. Ainsi, les informations rendues disponibles par l'enseignant sur le globe virtuel peuvent être modifiées ou enrichies par les élèves eux-mêmes. Le terme *User-Generated-Content* a été utilisé pour décrire l'implication de l'utilisateur dans le processus de publication des nouveaux médias en ligne. L'expression nous semble adaptée pour décrire l'implication des élèves dans l'élaboration du milieu didactique.

5. Conclusion

Le principal enseignement que nous retenons de ce travail est la complexité des éléments à prendre en compte pour construire une situation d'apprentissage ludique. Ainsi, laisser les élèves libres de la manière dont ils vont conduire leurs investigations, est, pour l'enseignant, un travail considérable d'anticipation pour la conception d'un espace de réflexivité qui autorise la pluralité des approches. Par ailleurs, les technologies, pour être utiles dans ce processus de construction, doivent autoriser l'enseignant et les élèves à produire leurs propres contenus. L'objectif est la conception de situations complexes et non déterministes qui permettent d'instaurer un nouveau rapport au savoir dans la classe : prise en compte de la dimension pluridisciplinaire des réponses aux problèmes, identification des lacunes dans les connaissances mobilisables et prise de conscience des incertitudes. L'enjeu réside dans le développement d'une éducation à la pensée complexe.

Une des limites à ce point de vue sur l'apprentissage est que, en tant que modèle d'une situation de référence, une situation ludique ne peut pas rendre compte totalement de la réalité. Cela implique que l'enseignant prévoit un temps de prise de recul par rapport à la situation vécue. Il s'agit alors d'analyser les limites des choix effectués et de prendre conscience que certaines des connaissances utilisées pour jouer sont des savoirs disciplinaires. Cela est d'ailleurs souligné par le caractère autotélique du jeu. Les ressources cognitives que l'élève engage ne valent que pour la situation elle-même et la question du transfert des compétences acquises dans de tels cadres pour des situations autres que le jeu lui-même reste ouverte.

6. Bibliographie

- Anderson, R. D. (1998). Reforming science teaching: what research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), p. 1-12.
- Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9(3), p. 281-308.
- Brougère, G. (2005). *Jouer/Apprendre*. Paris: Economica.
- Brousseau, G. (1997). La théorie des situations didactiques. Cours donné lors de l'attribution à Guy Brousseau du titre de Docteur Honoris Causa de l'Université de Montréal., Montréal.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée sauvage.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York : Harper & Row.
- Egenfeldt-Nielsen, S. (2007). *Educational Potential of Computer Games*. New York : Continuum.
- Gil-Perez, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster*(42), p. 41-64.
- King, P. M., & Kitchener, K. S. (1994). *Developing Reflective Judgement: understanding and Promoting Intellectual growth and Critical Thinking in Adolescents and Adults*. San Francisco, CA : Jossey-Bass Publishers.
- Lacombe, G. (1989). Prendre le bâton de l'expérience. *Aster*(8), p. 17-28.
- Lasnier, F. (2000). *Réussir la formation par compétences*. Montréal : Guérin.
- Linn, M., Davis, E., & Bell, P. (2004). *Internet environments for science Education*. Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*: European Commission.
- Sanchez, E. (2008). Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences de la Terre. *Education & Didactique*, 2(2), p. 97-122.

- Sanchez, E., Delorme, L., Jouneau-Sion, C., & Prat, A. (2010). Designing a pretend game with geotechnologies: toward active citizenship. In T. Jekel, A. Koller, K. Donert & R. Vogler (dir.), *Learning with geoinformation V*, Heidelberg : Wichman, p. 31-40.
- Sanchez, E., & Jouneau-Sion, C. (2009). Playing in the Classroom with a Virtual Globe for Geography Learning. In T. Jekel, A. Koller & K. Donert (dir.), *Learning with Geoinformation IV* (p. 78-86). Heidelberg, Germany : Wichmann.
- Viau, R. (1994). *la motivation en contexte scolaire*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. Educational Technology Research and Development. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), p. 5-23.

Communications sur des innovations pédagogiques

Scénarios pour une pédagogie du projet

Pierre Bénech

Équipe EducTice – INRP

19, Allée de Fontenay

69007 Lyon

[*pierre.benech@inrp.fr*](mailto:pierre.benech@inrp.fr)

RÉSUMÉ. Cet article s'intéresse à la conception d'un scénario pédagogique, de type démarche d'investigation pour soutenir un projet technologique dans une classe de première en série sciences et technologies de l'industrie et du développement durable. Notre objectif central est de définir un patron de scénario pédagogique intégrant la pédagogie du projet et les démarches d'investigation. Ce patron de scénario pédagogique est proposé aux élèves comme un premier outil méthodologique pour les accompagner dans les grandes étapes d'un projet technologique et un deuxième outil méthodologique pour les aider dans leur démarche d'investigation scientifique.

MOTS-CLÉS : scénario pédagogique, pédagogie du projet, démarche d'investigation, patron de scénario

KEYWORDS : pedagogical scenario, project-based teaching, inquiry-based approach, pattern scenario

Introduction

La réforme des lycées 2009-2012 (BOEN spécial n° 1 du 4 février 2010), propose une évolution de l'enseignement de l'électrotechnique (STI Génie électrotechnique) vers un baccalauréat sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D) qui « privilégient les activités pratiques d'analyse de systèmes techniques ainsi que le projet » (Projet de programme du cycle terminal de la voie technologique, Eduscol, version du 21 juillet 2010).

Pour favoriser une nouvelle organisation pédagogique, dans le cadre de la future réforme, la première édition du « Challenge Vélo à Assistance Electrique » (VéAE), répondant à une demande institutionnelle de l'académie de Lyon, a mobilisé tous les élèves de première en électrotechnique de cette académie pour leur faire vivre « les étapes d'un projet technologique ». Ce projet technologique est lié à une problématique énergétique travaillée sur le système technique réel, le VéAE.

À travers cet article, nous proposons une formalisation du scénario pédagogique, créé dans ce contexte, en un patron de scénario pédagogique (Villiot-Leclercq, 2007) basé sur la *pédagogie du projet* et les *démarches d'investigation scientifique*. Nous faisons l'hypothèse que le patron de scénario pédagogique armera les élèves d'outils méthodologiques pour qu'ils soient capables de se mettre en projet.

1. Cadre théorique

Notre point de départ est la notion de projet, alternant temps de travail individuel et en groupe, que Lebrun (2007) présente sous deux sens « comme un moyen (démarche qu'il faudrait effectuer) ou comme un but (objet, produit...) ».

Nous nous appuierons plus précisément sur le premier sens du terme projet définissant la « pédagogie **du** projet » que Lebrun (2007, page 158) distingue de la pédagogie **par le** projet. Dans la pédagogie **du** projet « l'objectif est la mise en place d'une démarche permettant à l'étudiant de se mettre en projet », quant à la pédagogie **par le** projet « l'objectif est l'acquisition de savoirs, savoir-faire... et son objectivation est la réalisation de quelque chose ».

La pédagogie du projet est pensée pour mettre en œuvre une démarche inductive et expérimentale à travers les actions nécessaires à la réalisation du projet. Pour construire cette pédagogie du projet, nous avons utilisé le patron de scénario « projet » en six étapes issu de la méthode des Pléiades (Villiot-Leclercq, 2007) : 1. **Préparation du projet**, 2. **Organisation du projet**, 3. **Recherche et Analyse**, 4. **Production**, 5. **Diffusion** et 6. **Objectivation**.

Les étapes « Préparation du projet, Recherche et Analyse, Production » de ce patron de scénario pédagogique peuvent être mises en relation avec une forme de démarche d'investigation scientifique, définie par Sanchez (2008) et décrite par Emin *et al.* (2007) en quatre grandes phases, s'articulant autour d'une situation-

problème (Meirieu, 1987). La première phase consiste pour les élèves en un travail d'appropriation d'un *modèle scientifique* afin que celui-ci prenne le statut d'« outil pour penser ». La seconde phase, qui s'appuie sur la précédente, consiste en l'élaboration d'un protocole d'observation ou d'expérimentation. Le recueil et le traitement des données issues de la mise en œuvre du protocole constituent la troisième phase. Enfin, la quatrième phase consiste à apporter une réponse argumentée au problème posé. Nous nous proposons d'utiliser ces travaux sur la démarche d'investigation pour penser l'accompagnement de l'étape « *Recherche et Analyse* » de la pédagogie du projet.

Sanchez (2008, page 96) définit un modèle scientifique comme « un système de symbolisation qui permet de se représenter un phénomène ». Ce modèle scientifique proposé aux élèves, par exemple, « sous la forme de maquettes plus ou moins élaborées » (Sanchez, 2008, page 97), doit être adapté à l'observation, dans le but « d'identifier les éléments à prendre en compte pour que les élèves soient en mesure de s'engager dans un travail d'investigation scientifique de manière autonome » (Sanchez, 2008, page 93). Placé au centre d'une démarche d'investigation comme outil, le modèle scientifique permet aux élèves de conduire une investigation scientifique à travers différentes tâches et en « interrogeant » le modèle. Le modèle scientifique et la démarche d'investigation scientifique doivent « permettre à l'élève de mesurer le pourquoi du travail qu'il conduit et le comment des tâches à effectuer pour le réaliser. » (Sanchez, 2007, page 110).

2. Méthodologie

Pour soutenir la formalisation d'une pédagogie du projet, nous avons, dans un premier temps, observé les pratiques pédagogiques d'un enseignant du secondaire en électrotechnique (STI Génie électrique) lors de microprojets technologiques, intégrant sa méthode d'investigation. Cette observation a été faite dans une classe de première STI avec 20 élèves. Nous avons présenté, dans un deuxième temps, le patron de scénario « projet » à l'enseignant pour qu'il le confronte à ses pratiques. L'objectif de ce regard croisé a permis de formaliser une liste de phases liée à chaque étape du patron de scénario « pédagogie du projet ».

Une deuxième réflexion conduite avec l'enseignant a permis de définir une démarche d'investigation à proposer aux élèves, pour mener à bien le travail de l'étape « Recherche et Analyse ».

3. Résultats

L'analyse menée avec l'enseignant entre sa pratique et le patron de scénario « projet » nous a permis de formaliser un patron de scénario « pédagogie du projet », reprenant et précisant les étapes de Villot-Leclercq (ibidem) :

1. La **Préparation du projet**, première étape, permet aux élèves d'observer, d'épingler les termes et les concepts du projet technologique. Des hypothèses sont posées par les élèves qui structurent et organisent le projet technologique en plusieurs sous-problèmes.

2. L'**Organisation du projet**, deuxième étape en groupe, amène les élèves à planifier le travail des sous-problèmes donnant une vue globale du projet technologique, puis à définir et partager les tâches et les rôles.

3. L'étape **Recherche et Analyse** est le temps où les groupes d'élèves collectent les informations utiles, évaluent l'information recueillie et formalisent leurs analyses des différents sous-problèmes à travers des comptes rendus.

4. L'étape de **Production** est l'étape où chaque groupe formalise une réponse dans un compte rendu argumenté, répondant à la problématique du projet technologique.

5. L'étape de **Diffusion** engage les groupes d'élèves dans une présentation des découvertes et des apprentissages réalisés et dans une discussion autour du projet technologique.

6. Enfin, l'étape d'**Objectivation** se déroule sous la forme d'une synthèse pédagogique, classe entière, menée par l'enseignant donnant du sens aux apprentissages.

Ce patron de scénario pédagogique permet des temps de travail individuel alternant avec des temps de travail en groupe. Les travaux de groupe nous paraissent importants pour développer les compétences relationnelles et sociales des élèves mais également sur le plan cognitif (compréhension, analyse, évaluation...) (Lebrun, 2007, page 139).

Nous nous sommes intéressés plus particulièrement à l'étape « Recherche et Analyse » qui organise la démarche d'investigation pour résoudre les sous-problèmes.

Cette démarche se décompose en six phases dont certaines sont susceptibles de conduire à des boucles de rétroaction et se déroulent en groupe d'élèves.

La première phase « Information et questions dans le problème » a pour objectif de poser le sous-problème, qui a été identifié lors de l'étape Préparation du projet de la pédagogie du projet, pour que les élèves le comprennent et donc se l'approprient.

La seconde phase « Hypothèse(s) vérifiable(s) » est le moment où les élèves émettent des hypothèses débattues et argumentées par chacun.

Une fois les hypothèses posées, les élèves élaborent un protocole (phase trois) qui les amène à une collecte d'informations (phase quatre). Durant cette collecte les élèves réalisent des mesures sur le Vélo à Assistance Electrique ou recherchent de l'information sur le web, sélectionnent les données puis les traitent.

À l'issue de cette phase, les élèves vérifient leurs hypothèses (phase cinq) les amenant à résoudre un sous-problème. Si le problème est résolu, les élèves passent

directement à la phase six ou phase finale, pour laquelle ils produisent un compte rendu argumenté. Dans le cas contraire, les élèves s'engagent dans des recherches ou mesures complémentaires. Il s'agit pour les élèves soit de reprendre le protocole pour collecter de nouvelles informations, soit de se poser de nouvelles questions élaborant de nouvelles hypothèses.

Les différentes phases de la démarche d'investigation s'articulent autour d'un modèle scientifique, présenté aux élèves comme un « outil d'appui, pivot » (Sanchez, 2007) permettant de conduire un travail d'investigation scientifique.

Il reste, et c'est essentiel, à mettre à l'épreuve des modèles scientifiques pour voir dans quelle mesure ils permettent aux élèves d'observer le comportement, le fonctionnement, la constitution d'un système technique, de rechercher des informations et d'identifier les solutions retenues ainsi que les principes qui le régissent.

4. Conclusion

Le patron de scénario « pédagogie du projet » et la démarche d'investigation, proposés comme des outils méthodologiques, devraient permettre aux élèves de se confronter à un problème réel, pour lequel ils n'ont pas reçu de formation particulière. Cette approche pédagogique doit accompagner l'élève dans son projet et l'aider à articuler observations et sous-problèmes liés à un système technique. Pour poursuivre ce travail de réflexion, nous devons ensuite interroger la mise en œuvre des outils méthodologiques, la place des outils numériques et les apprentissages réalisés par les élèves.

5. Bibliographie

- Emin, V., Pernin, J.P., Prieur, M., Sanchez, E. (2007). *Stratégies d'élaboration, de réutilisation et d'indexation de scénarios*. In Hotte R., Pernin J-P., Godinet H., actes en ligne du colloque Scénario 2007, LICEF/CIRTA et INRP, Montréal.
- Lebrun, M. (2007). *Théories et méthodes pédagogiques pour enseigner et apprendre : quelle place pour les TIC dans l'éducation ?* (2 éd.). Bruxelles : De Boeck.
- Meirieu, P. (1987). Guide méthodologique pour l'élaboration d'une situation-problème, in *Apprendre... oui, mais comment*, Paris : ESF, p. 165-180.
- Sanchez, E. (2008). Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences de la Terre. *Education & Didactique*, 2 (2), p. 97-122.
- Villiot-Leclercq, E. (2007). « *Modèle de soutien pour l'élaboration et la réutilisation de scénarios pédagogiques* », thèse de doctorat, Université Joseph Fourier/Université de Montréal, 235 p.

Les critères de scientificité : un outil pour distinguer sciences et pseudosciences ?

Estelle Blanquet^{*,**}, Éric Picholle^{***}

**Université de Nice Sophia-Antipolis, IUFM de Nice et Institut de Culture Scientifique
43 Avenue Stephen Liégeard
06100 Nice*

*** Laboratoire de Didactique et d'épistémologie des sciences
Université de Genève
estelle.blanquet@unice.fr*

**** C.N.R.S., Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (UMR 6622) &
Institut Culture Scientifique, Université de Nice Sophia-Antipolis
Parc Valrose
06000 Nice*

RÉSUMÉ. Nous envisageons l'application à des discours pseudoscientifiques des critères de scientificité habituellement appliqués à la science professionnelle et reformulés pour pouvoir être adaptés aux sciences enseignées par démarche d'investigation. Nous discutons leur caractère opératoire pour la science scolaire. Leur violation par les pseudosciences permet d'identifier des critères discriminants susceptibles d'aider de jeunes élèves et leurs enseignants à reconnaître un discours scientifique au-delà des seules apparences.

MOTS-CLÉS : démarche d'investigation, critère de scientificité, école primaire

KEYWORDS : inquiry-based science education, scientificity, primary school

Un relatif consensus semble aujourd'hui établi sur la façon d'enseigner les sciences à l'école primaire : la démarche d'investigation (DI) (Coquidé *et al.*, 2009). Sa promotion n'a toutefois de sens que si les enseignants sont eux-mêmes au clair sur ce qui fait que ce qu'ils enseignent est de la science, mais aussi que d'autres discours n'en sont pas. Pour qualifier la science, une approche classique chez les épistémologues est la construction de « critères de scientificité ». L'un des plus connus est sans doute celui de « réfutabilité » (Popper, 1934). Lederman (2002) et Sandoval (2005) ont transposé le concept à la science scolaire en définissant des critères teintés de sociologie. Pour notre part, nous avons reformulé un jeu de critères distinguant différents aspects de l'activité scientifique à l'école (Blanquet, 2010a) qui sont présentés dans le tableau 1.

Démarche	Observation/Expérience	Discours	Argumentation
Recul Agilité Robustesse	Exhaustivité Rigueur Robustesse Économie Reproductibilité	Non-contradiction interne et externe Non vacuité Économie Relativité Consensualité Réfutabilité	Cohérence logique et formelle Non scolasticité

Tableau 1 *Quelques critères de scientificité applicables à l'école*

Du point de vue de l'éducation à la citoyenneté, il est important de permettre à l'élève de se garder de « fausses sciences » et de reconnaître des discours d'autorité plus ou moins bien déguisés. L'objet de cet article est de tester leur capacité à discriminer sciences et pseudosciences. Nous envisageons ensuite l'utilisation possible de ces critères à l'école et leur construction au cours des démarches d'investigation pratiquées à l'école ou dans le cadre de formation d'adultes.

Par pseudoscience, nous entendons une discipline a priori sincère revendiquant un statut scientifique et en cultivant les apparences, mais sans en avoir les attributs. L'astrologie nous servira de référence.

1. Critères de scientificité et démarche d'investigation

On peut faire crédit à l'astrologie d'un discours parfois précis et informatif (critère de non-vacuité). Dans une certaine mesure, la communauté astrologique s'avère en relativement consensuelle et revendique un ensemble de « bonnes pratiques ». Leur faible recouvrement avec celles de la science académique ne suffit pas à la disqualifier en tant que science, sauf à recourir à un argument d'autorité contraire à l'esprit de notre démarche (non scolasticité). Par surcroît, les critères de nature sociologique, comme celui de consensualité (qui implique d'être conscient de l'état des connaissances admises), semblent peu pertinents à l'école.

Il est en revanche possible d'y discuter la cohérence des discours, aussi bien logique que formelle et de non-contradiction interne comme externe. Cette exigence est explicite à l'école et mérite d'être systématiquement soulignée. Le flou et la

grande variabilité des discours caractéristiques de l'astrologie suffisent souvent à invalider les critères de scientificité associés. Si un adulte peut constater qu'elle ne vérifie pas plus les critères de réfutabilité et de relativité (un discours scientifique doit inclure des éléments permettant de déterminer son propre domaine de validité), ceux-ci apparaissent d'un usage délicat à l'école : en plus d'être difficilement accessibles à des jeunes élèves, ils ne sont pas non plus nécessairement vérifiés par le discours du maître. Le critère d'économie, vérifié lorsqu'un discours inclut tous les éléments nécessaires à sa compréhension et ceux-là seulement, est délicat d'application : discutable pour l'astrologie, il peut s'appliquer à l'école, quoique souvent dans les limites fixées par l'enseignant, garant de la procédure.

Sous certaines réserves, cohérence, économie et non scolasticité sont donc des critères susceptibles de distinguer science scolaire et pseudoscience.

2. Critères portant sur l'expérimentation et l'observation

Les astrologues revendiquent volontiers une méthode spécifique déterminant les paramètres nécessaires et suffisants pour leurs calculs et vérifient donc, de leur point de vue, nos critères d'exhaustivité et d'économie. Un point de vue externe, contestant la pertinence des mêmes paramètres (l'influence de telle planète sur notre destin...) conclurait en revanche à l'invalidation de ces critères, dont nous considérerons donc ici la vérification par l'astrologie discutable.

On peut en revanche vérifier que, les mêmes données n'amenant pas toujours aux mêmes résultats, elle ne remplit pas le critère de reproductibilité, sans doute le plus connu des enseignants, ni celui de robustesse (un petit changement pouvant modifier dramatiquement les résultats).

3. Critères portant sur la démarche

Tout comme la science professionnelle, l'astrologie vérifie les critères de recul (présence d'éléments explicites évoquant la distinction entre le monde réel et ses représentations simplifiées) et d'agilité (aller/retours entre le particulier et le général).

Une démarche pouvant être considérée comme robuste si de petits changements dans son application n'en modifient pas dramatiquement l'issue, l'astrologie ne vérifie pas ce critère. Enfin, il est facile de constater que les astrologues revendiquent souvent un savoir de type scolaire, plutôt que soumis à la remise en question permanente de la méthode scientifique. Non scolasticité, reproductibilité et robustesse apparaissent donc comme des critères permettant de reconnaître rapidement l'astrologie, et plus généralement les productions des pseudosciences comme non scientifiques. Un traitement complémentaire montre que cette approche distingue également la science scolaire de sciences imaginaires (e.g. science-fiction), mais non de « sciences pathologiques », au sens de Langmuir.

4. Critères de scientificité et démarche d'investigation

Les critères de scientificité ne font pas partie de l'outillage épistémologique standard des enseignants. Pourtant, les démarches d'investigation proposées à l'école y font souvent implicitement appel. Les critères de non scolasticité, d'agilité, de reproductibilité, d'économie, d'exhaustivité et de robustesse apparaissent discriminants pour distinguer sciences et non sciences : nous montrons ici comment les faire ressortir sur quelques exemples (Blanquet, 2010b).

- *Non scolasticité* : Ce critère, parfois exprimé en termes de refus systématique de l'argument d'autorité, est très ambigu à l'école, où celle du maître est avérée. Pour autant, la démarche d'investigation incite les élèves à trouver un consensus fondé sur leurs expérimentations et sur les arguments qu'ils développent eux-mêmes. Un rituel de la DI, à systématiser, appelle pour la question « Comment faire pour savoir ? », la réponse : « Il faut essayer » ; chaque tentative concrète de vérification d'une proposition est alors un pas vers l'appropriation de la démarche scientifique, définie par opposition à la démarche scolastique.

- *Agilité* : Il est relativement facile de construire une DI autour de concepts généraux appliqués à une situation particulière, et d'insister explicitement sur l'aspect essentiel de la démarche scientifique qui consiste à naviguer consciemment entre le général et le particulier. Lors d'un travail classique sur l'électricité, on peut par exemple passer d'un système physique particulier (pile, fils, ampoule) à un autre (autre pile ou ampoule, plusieurs ampoules) via une théorie élémentaire fondée sur la notion de boucle.

- *Reproductibilité* : Il n'y a pas de démarche d'investigation en classe sans confrontation des résultats des groupes et comparaison des résultats obtenus par ceux-ci pour une « même » expérience. Le critère de reproductibilité sous-tend le traitement des résultats, imposé si nécessaire par le maître. Il peut alors suffire de rappeler aux élèves le critère utilisé à chaque fois qu'il est employé pour valider ou non les résultats.

- *Exhaustivité et économie* : C'est souvent l'oubli initial d'un paramètre pertinent qui, par la confusion apportée dans l'analyse des résultats obtenus, impose le critère d'exhaustivité comme une règle à suivre indispensable. Des questions comme « Que peut-on changer ? », « Peut-on faire changer autre chose ? », "Et si on change cela, que va-t-il se passer d'après vous ? » pour aboutir à « Avons-nous pensé à tout ce qui peut modifier les résultats de notre expérience ? » peuvent, utilisées systématiquement au cours des DI, faire ressortir ce critère.

La DI conduit les élèves à concevoir des protocoles expérimentaux. Il s'agit alors d'identifier les paramètres pertinents. Pour cela, la technique utilisée est d'observer ce qu'il se passe en faisant varier les paramètres supposés pertinents un à un. Faire alors remarquer aux élèves que la variation d'un paramètre supposé pertinent ne conduit pas au résultat obtenu (« ça ne change rien ! ») permet de l'éliminer. Un travail sur les paramètres permettant de faire varier la période

d'oscillation d'un pendule les conduira ainsi à éliminer la masse de l'objet des paramètres pertinents.

- *Robustesse* : L'enseignant s'appuie souvent, quoiqu'implicitement, sur la robustesse des concepts qu'il manipule. Toutefois, une solide culture scientifique peut être nécessaire pour en avoir conscience. La robustesse expérimentale est plus facile d'accès. Elle est souvent présumée par l'enseignant et, si le changement d'expérimentateur fait diverger les résultats, il soupçonnera une erreur de manipulation. La facilité à reproduire une expérience peut être constatée et partagée avec les élèves : c'est un premier pas dans la compréhension du critère. Il est également fréquent d'apporter des modifications au matériel expérimental sans s'étonner que « cela marche » : c'est parce que les expériences à l'école portent le plus souvent sur des concepts particulièrement robustes que cela est possible. Il est facile d'y rendre sensible les élèves en le leur faisant constater. Il convient toutefois de rester conscient du fait que la robustesse de la science scolaire reste assez relative : l'inévitable simplification des concepts les fragilise d'autant, et seules des expériences spécialement conçues et éprouvées, comme celles qu'on trouve dans certains manuels, s'y prêtent réellement.

5. Conclusion

L'approche de la démarche d'investigation en termes de critères de scientificité s'avère pertinente à plusieurs égards. En premier lieu, les critères d'exhaustivité, de reproductibilité, d'économie et de robustesse sont discriminants et susceptibles d'aider de jeunes élèves à reconnaître un discours proprement scientifique au-delà des seules apparences et revendications d'expertise.

Plus généralement, ces critères peuvent aider les enseignants et leurs élèves à mieux appréhender la démarche d'investigation et à acquérir une meilleure compréhension de ce qu'est la science. Les quelques exemples proposés montrent qu'il est possible et relativement aisé d'en ritualiser l'expression lors de DI. Idéalement, on peut même envisager que leur expression systématique puisse renforcer l'efficacité de la démarche pour l'appropriation de la méthodologie scientifique élémentaire ; les mécanismes de construction de critères de scientificité par la démarche d'investigation restent toutefois à préciser.

6. Bibliographie

- Blanquet, E. (2010a). Démarche d'investigation et science scolaire : quelques critères de scientificité. *Doctoriales*, FPSE, Université de Genève.
- Blanquet, E. (2010b). *Sciences à l'école, Côté jardin*. Nice : Somnium.
- Coquidé, M., Fortin, M., Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limite. *Aster*, 49, p. 51-78.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), p. 497-521.

Popper, K. (1934). *La Logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot.

Sandoval, W.A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89, p. 634-656.

Analyse de trois stratégies de mise en œuvre d'une même démarche de projet en sciences à l'école élémentaire

Bernard Darley^{*}, Philippe Prévost^{}**

** IUFM d'Aquitaine, Université Bordeaux 4
BP 219, 33021 Bordeaux CEDEX
bernard.darley@aquitaine.iufm.fr*

*** PEMF, école Bouran, Mérignac
philipe.prevost@ac-bordeaux.fr*

RÉSUMÉ. Cette communication décrit et analyse une démarche d'investigation intégrant la mise en œuvre d'un cahier des charges dans les classes de trois professeurs des écoles aux profils très différents. Loin d'une mise en œuvre stéréotypée cette analyse montre qu'une démarche d'investigation peut s'accommoder d'une diversité d'approche sans remettre en cause la pertinence de la démarche.

MOTS-CLÉS : démarche d'investigation, dévolution du problème, cahier des charges

KEYWORDS : inquiry-based teaching, problem solving, specifications

Introduction

Ce travail s'inscrit dans une recherche sur la mise en œuvre, dans des classes d'enseignement élémentaire, d'une démarche d'investigation (DI) (Morge & Boilevin, 2007) intégrant les trois disciplines scientifiques expérimentales : biologie, physique et technologie dans une démarche de projet (Bordalo & Ginestet, 1995). Trois professeurs des écoles (C, G et P) aux profils très différents ont été sollicités. Le choix de ces enseignants a été dicté par la diversité de leurs profils, par leur compétence reconnue dans la mise en œuvre de la DI et par leur grande autonomie.

Le projet qui leur a été soumis est de mener à bien l'incubation d'œufs de poule au moyen d'un incubateur artisanal dont le cahier des charges (Bédart-Naji, 2000) aura été élaboré par les enfants. Ce projet est totalement nouveau pour C et G ; P l'a déjà mené deux fois auparavant.

1. Méthodologie

1.1. *Le cadre de travail négocié*

Le cadre de travail négocié avec les trois enseignants est le suivant : chaque enseignant est libre d'organiser le déroulement de sa DI comme il l'entend sans ingérence dans les choix didactiques de la part des chercheurs dans la mesure où il respecte le cadre général tel qu'il leur a été soumis : participation active des élèves dans l'élaboration et la mise en œuvre du cahier des charges. L'équipe de chercheurs n'apporte qu'un soutien logistique sous forme de matériaux nécessaires à la réalisation du matériel construit en classe (couveuse, mire-œuf) et/ou de réponses à d'éventuelles questions scientifiques.

1.2. *Les données expérimentales : collecte et traitement*

Dans la mesure où cela a été possible, toutes les séances ont été enregistrées sous forme vidéo et retranscrites afin de pouvoir affiner les analyses. Seule une partie, correspondant principalement aux premières séances, a été exploitée dans le cadre de ce travail.

1.3. *Cadre d'analyse*

D'avantage que la conformité à un canon de la DI (si tant est que l'on puisse le définir), ce sont les stratégies mises en œuvre par ces trois enseignants qui ont été observées. La manière dont le problème a été introduit et approprié par les élèves et les conséquences de cette manière de faire sur la suite du déroulement de la DI ont été plus particulièrement observées.

2. Résultats

2.1. L'introduction du problème et du concept de cahier des charges dans la classe

Cette analyse porte sur les premières séances ayant conduit à l'introduction du cahier des charges

Séance 1	En référence à des élevages antérieurs introduction de la question d'un autre type d'élevage.
	Centration négociée sur l'idée d'un poulailler dans l'école.
	Pose la problématique : comment obtenir des poussins ?
Séance 2	Recherche documentaire sur le rôle de la poule lors de la couvaison.
	Définition collective des fonctions de la couveuse par analogie avec le rôle de la poule.
Séance 3	Rappel des nécessités et glissement progressif vers les fonctions d'usages.
	Introduction du terme « cahier des charges » et de sa définition.
	Elaboration du cahier des charges par travail de groupe.
	Bilan collectif, mise en conformité des propositions avec les fonctions d'usage identifiées.

Tableau 1. Séances mises en œuvre par G, classe de CE1/CE2 très hétérogène

Séance 1	En référence à des élevages antérieurs introduction de l'idée d'un élevage de poussins.
	Contextualisation avec la lecture de l'album « Le jour où mon frère viendra » (Heinrich, C. Jolibois, C. 2002).
	Premières identifications des conditions nécessaires au développement et à l'éclosion.
	Questionnement sur la structure de l'œuf.
Séance 2	Dissection et observation d'œufs crus et cuits.
	Evocation de l'incubation et analyse de documents.
Séance 3	Liste collective des conditions nécessaires à l'incubation.
	Transposition de la poule à la couveuse ; identification des fonctions d'usages.
	Introduction de l'objet « couveuse » sous forme d'une boîte en polystyrène. Objectif : la rendre opérationnelle. Recueil d'une liste de solutions techniques.

Tableau 2. Séances mises en œuvre par C, classe de CE2 homogène

Le terme de cahier des charges n'est pas prononcé, la notion reste non formalisée même si elle est bien présente dans les modalités de mise en œuvre.

Séance 1	La reproduction animale est introduite en continuité du travail fait sur la reproduction végétale et par comparaison terme à terme.
	Formalisation de la reproduction ovipare.
Séance 2	Analyse de vidéos sur les conditions d'incubation chez les ovipares
	Institutionnalisation des connaissances.

Séance 3	Liste des étapes d'une incubation chez la poule à partir de l'analyse d'une vidéo et d'un texte documentaire.
	Bilan collectif
Séance 4	Fait remplir un tableau associant : les étapes de l'incubation naturelle/la fonction de ces étapes/ce que fait la poule.
	Synthèse collective, identification des finalités de chacune des étapes et des modalités de leur mise en œuvre.
	Introduction de la notion de cahier des charges.
Séance 5	Transposition des étapes de l'incubation en fonction d'usage (difficile, les élèves sont dans la recherche de solutions techniques)
	Première réflexion sur une recherche de solutions techniques

Tableau 3. *Séances mises en œuvre par P, classe de CM2 hétérogène*

2.2. Comparaison des stratégies

G et C ont pour point commun de s'appuyer toutes deux sur une expérience préalable d'élevage pour induire l'idée d'un nouveau support de travail. L'introduction du projet est également assez similaire, G proposant rapidement à ses élèves une lecture documentaire sur l'incubation des œufs par une poule alors que C utilise un support (l'album jeunesse) peut-être moins scientifique mais comparable dans sa fonction. Toutes deux vont très rapidement (1^{re} séance pour C, 2nde pour G) amener les élèves à identifier les conditions naturelles nécessaires à l'incubation. Mais la convergence des démarches s'arrête là.

Chez G l'investigation va être essentiellement centrée sur une démarche technologique, portant sur l'écriture et la mise en œuvre du cahier des charges. Le déroulement de l'incubation, même si celle-ci est étudiée en soi, est le moyen de tester la pertinence des solutions techniques retenues et la qualité des gestes techniques nécessaires (manipulation des œufs). L'introduction de la possibilité de concevoir une couveuse, l'élaboration du cahier des charges et les premières propositions de solutions techniques se font au cours de la 3^e séance. Dès la 4^e séance, G fait travailler ses élèves sur un plan de couveuse respectant les fonctions d'usage définies dans le cahier des charges. L'ensemble des solutions techniques retenues sera le produit d'un compromis entre les propositions des élèves et le champ des possibles. La couveuse, qui sera livrée en kit et en partie montée par les élèves eux-mêmes, sera conforme au cahier des charges élaboré par la classe.

Si C va introduire très tôt elle aussi (dès la 3^e séance) le principe du cahier des charges, elle fait le choix de ne pas définir explicitement ce concept. Le terme de « cahier des charges » ne sera jamais employé ; il sera remplacé par la locution « liste des conditions nécessaires » jugée plus explicite pour les élèves. En ne le définissant pas de manière définitive, C se donne la liberté de construire ce concept par étapes successives. À l'inverse de G qui pose un cadre de travail très contraint mais toujours d'une grande lisibilité pour les élèves, C va développer une investigation plus large associant démarche technologique et investigation scientifique. Si le fil directeur reste la réussite de l'incubation, les élèves ont le loisir d'explorer d'autres problématiques liées au fonctionnement du vivant ou aux

caractéristiques de la matière : variation de la masse des œufs, porosité de la coquille, matérialité des gaz, conditions de développement de l'embryon...

Pour limiter cependant le champ des possibles, C introduit dès la 3^e séance une ébauche de couveuse sous forme d'une boîte en polystyrène. Cette boîte sert de support visuel sur lequel les propositions de solutions techniques vont devoir s'intégrer. C introduit donc, dès le début de la réflexion, une contrainte supplémentaire avec laquelle les élèves vont devoir composer. Apporter l'objet déjà préformaté permet à C de ne pas avoir à gérer le choix de la forme et du matériau composant la couveuse. En faisant ce choix elle se prive de la possibilité d'organiser un travail concernant les propriétés des matériaux isolants ainsi que d'une réflexion à propos de l'ergonomie de la couveuse.

Mais cela va aussi lui permettre de se concentrer sur un nombre plus restreint de problèmes techniques (comment apporter de la chaleur ? de l'humidité ? comment réguler la température ?) dans lesquels les élèves ont pu s'investir. P impose une entrée par les connaissances préalables qu'il juge nécessaires de maîtriser pour pouvoir conduire le projet de manière cohérente. Ce n'est qu'une fois ces connaissances posées qu'il va entrer dans une phase assez longue (5 séances) de co-construction du problème et d'élaboration des premières propositions de solutions.

La notion de cahier des charges est introduite en fin de 4^e séance et vraiment abordée au cours de la 5^e. Ce cahier des charges jouera le rôle de fil rouge tout au long des 22 séances du projet. Si les élèves ont une grande liberté d'action et de proposition, puisque quatre projets de couveuses seront soumis à investigation et trois menés à terme, ces investigations sont sans cesse replacées dans le strict cadre défini par le cahier des charges. Ce principe posé par P conduira les élèves à confronter les connaissances construites lors des trois premières séances aux exigences de l'incubation et aux contraintes techniques conséquentes au cahier des charges. L'investigation portera, de manière croisée et en réajustement permanent, aussi bien sur des questions technologiques (choix des matériaux, élaboration de techniques de mise en œuvre, maîtrise du fonctionnement des objets) que sur des questions scientifiques (métabolisme de l'embryon, échanges gazeux entre l'œuf et le milieu extérieur, étapes du développement...). Mais toujours le fil rouge du cahier des charges viendra recentrer le travail des élèves sur la problématique initiale.

3. Conclusion

Les contextes de classe, les histoires de chacun des enseignants sont bien sûr très différents. L'absence, volontaire de notre part, du cadrage des démarches, la richesse cognitive et méthodologique du projet sont autant de facteurs qui ne pouvaient conduire qu'à une diversité de mises en œuvre. L'intérêt était de voir comment chacun s'est approprié et a conduit le projet, comment chacun a utilisé certains ressorts didactiques (s'appuyer sur les conceptions, faire imaginer, chercher, observer et intégrer des contraintes...) pour mener à bien l'élaboration d'un cahier des charges conduisant à la construction et l'utilisation de la couveuse.

Loin d'une mise en œuvre stéréotypée, nous avons pu observer un ensemble de choix raisonnés conduisant à l'élaboration de stratégies originales, très contextualisées, mais restant cohérentes avec les principes de la DI.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier C, G et P pour leur participation à ce travail.

4. Bibliographie

- Bédart-Naji, E. (2000). *La technologie au cycle 3*, collection Pédagogie. Paris : Retz.
- Bordalo, I. & Ginestet, J.P. (1995). *Pour une pédagogie de projet*. Paris : Hachette éducation.
- Heinrich, C. & Jolibois, C. (2002). *Le jour où mon frère viendra*. Paris : Pocket Jeunesse.
- Morge, L. & Boilevin, J.-M. (dir.) (2007). Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences. Clermont-Ferrand, SCEREN et CRDP d'Auvergne.

Exemple de démarche d'investigation : ateliers scientifiques pluridisciplinaires en classe de seconde et travail collaboratif

Catherine Grisolia^{*}, Martine Badal^{*}, Eric Ferrant^{*}, Isabelle
Tarride^{*}, Christian Le Guillou^{**}

^{*} Professeurs, Lycée Val de Durance Pertuis
catherine.grisolia@ac-aix-marseille.fr

^{**} IA-IPR SVT, Académie Aix Marseille

RÉSUMÉ. La mise en œuvre de la démarche expérimentale d'investigation telle qu'elle est préconisée dans les programmes de Sciences expérimentales nous a amenés à articuler nos progressions respectives par le biais d'un projet annuel global interdisciplinaire réalisé au cours de l'année 2009-2010. Nos objectifs ont été : i) **de donner du sens à l'enseignement des sciences** en installant les élèves dans une démarche d'investigation et en les confrontant à une expérimentation de haut niveau, ii) **de faciliter l'appropriation des savoirs** en décloisonnant les enseignements par l'exercice de compétences transversales. Le scénario imaginé est celui d'un « **voyage vers Mars** ». Autour de cette histoire s'articulent les contenus des programmes officiels de seconde de SVT et de physique-chimie à la construction desquels contribuent des ateliers scientifiques faisant appel à des chercheurs. Au cours de notre contribution, nous présenterons, dans une première partie, l'ensemble du projet. Dans la deuxième partie, les étapes du projet seront décrites. Cette forme de travail interdisciplinaire et la nécessité d'un travail collaboratif qu'elle impose modifient notre pratique pédagogique. Cet aspect sera abordé dans la troisième partie de la présentation.

MOTS-CLÉS : démarche d'investigation, interdisciplinarité, compétences transversales, ateliers scientifiques, travail collaboratif

KEYWORDS : inquiry-based approach, interdisciplinarity, cross-disciplinary skills, scientific workshops, collaborative work

Introduction

La mise en œuvre d'une démarche expérimentale d'investigation telle qu'elle est préconisée dans les programmes de sciences expérimentales nous a amenés à proposer un projet annuel global interdisciplinaire réalisé au cours de l'année 2009-2010.

1. Le projet « Allons vivre sur Mars » : présentation générale

Le scénario imaginé s'organise autour d'un récit, celui d'un « voyage vers Mars ».

1.1. L'organisation proposée

Deux classes de seconde (Mesures Physique & Informatique et Arts Plastiques, Initiation aux Sciences de l'Ingénieur et IGC). **Deux disciplines concernées** (SVT, Sciences physiques). **Des séances de TP** des deux classes en parallèle. **Des ateliers scientifiques** au lycée ou dans les laboratoires (une heure hebdomadaire).

1.2. Les progressions croisées

Nous avons articulé les progressions de seconde de SVT et de physique-chimie autour des étapes nécessaires à un voyage vers Mars : l'observation depuis la Terre, l'envoi, le vol et le contrôle d'une sonde, la réception des informations depuis Mars, leur analyse, les préparatifs d'un voyage humain et de l'installation sur la planète.

1.3. Les ateliers scientifiques

Les élèves, placés dans une démarche d'investigation, questionnent des chercheurs pour répondre aux problématiques émergentes lors des ateliers scientifiques.

1.4. Les compétences transversales

La compétence est définie comme la mise en œuvre de connaissances, de capacités et d'attitudes en vue d'accomplir une tâche complexe. Dans ce travail pluridisciplinaire nous avons choisi de travailler quatre grandes compétences mobilisées en sciences de la vie et de la Terre, en sciences physiques et en chimie au cours des séances de travaux pratiques et des ateliers.

2. Le projet « Allons vivre sur Mars » : les étapes du projet

2.1. Le point de départ :

Nos objectifs étaient de *donner du sens à l'enseignement des sciences* en installant les élèves dans une démarche d'investigation et en les confrontant à une expérimentation de haut niveau afin *de faciliter l'appropriation des savoirs* par le décloisonnement des enseignements et l'exercice de compétences transversales. La mise en projet des élèves s'est effectuée par une séance de « remue-méninges » autour du thème : « Année 2009, année de l'astronomie, année anniversaire des premiers pas de l'homme sur la Lune et maintenant... »

2.2. Le développement pédagogique du projet

Du mois de septembre au mois de mai, nous avons participé à une dizaine d'ateliers animés par une quinzaine d'intervenants appartenant à différents organismes de recherche et universités (CNRS, Université d'Aix-Marseille, CEA, CNES, ESO). Chaque atelier était motivé par une problématique qui émergeait du cours, d'une observation, d'un fait nouveau découvert lors une conférence ou d'une recherche et débouchait sur la mise en œuvre ou la conception d'un protocole expérimental. La programmation des ateliers devait bien évidemment tenir compte de l'avancée des programmes afin qu'ils participent véritablement à la construction des savoirs et des compétences visés.

2.3. La production finale et la communication

Chaque atelier a donné lieu à des présentations sous forme de diaporamas et de posters ainsi qu'à des réalisations techniques (constructions de lunettes astronomiques, élaboration de maquettes à l'échelle) ou artistiques (fabrication des décors pour la conférence finale, réalisation de sols martiens ou de « valises souvenirs » pour le voyage). Les élèves ont aussi écrit, mis en scène et présenté au lycée une conférence scénarisée qui racontait le voyage virtuel vers Mars en s'appuyant sur le contenu des ateliers scientifiques.

2.4. L'évaluation

2.4.1. L'évaluation du projet :

Nous avons retenu différents critères d'évaluation : i) la réussite aux concours académiques (« Faites De la Science » et Prix du journalisme), ii) l'évaluation par le LAMES (Laboratoire méditerranéen de sociologie), iii) la motivation des élèves et les résultats à l'orientation en première et iv) l'impact sur le lycée (liens avec les autres disciplines).

2.4.2. L'évaluation des élèves

Nous avons évalué les élèves à certaines étapes du projet afin de permettre la régulation de la progression, d'en modifier éventuellement l'avancée et de mettre en place, si besoin, un dispositif de remédiation. Ces évaluations portaient sur des domaines ou des items de compétences que nous avons décidés de travailler au cours de ce projet. La validation de compétences a été effectuée en fin de projet par l'évaluation de la production finale.

3. Le projet « Allons vivre sur Mars » : contraintes et optimisation

La pédagogie de projet implique l'optimisation de contraintes :

- **de financement** : la nécessité d'établir un budget prévisionnel le plus exhaustif possible demande un soutien technique de l'équipe administrative.
- **de ressources humaines** : la pédagogie de projet exige une forte interaction entre participants qui doit être gérée par un coordonnateur coopté. Des espaces numériques dédiés doivent être mis en place afin de faciliter la circulation des informations.
- **de temps** : actuellement, la gestion rigide des emplois du temps et des services laisse peu de marges de manœuvre pour planifier les ateliers où interviennent de nombreux acteurs extérieurs. Seuls l'attribution d'heures supplémentaires effectives et l'utilisation d'un gestionnaire de tâches peuvent apporter une plus grande fluidité à la progression d'un projet.

4. Conclusions

Le projet « Allons vivre sur Mars » a permis de placer les élèves en situation d'acteurs de leur apprentissage. Il les a obligés à envisager leur formation comme un tout cohérent autour d'un projet. Ceci a permis de développer l'autonomie et l'initiative des élèves en les responsabilisant. Pour tous, la vision qu'ils avaient du monde de la recherche et de la Science a été enrichie. Les succès obtenus et la qualité de la conférence scénarisée donnée au lycée et en présence de différentes personnalités prouvent l'implication des élèves et leur motivation. La réalisation du projet a mis en évidence l'existence de contraintes, en particulier pour ce qui concerne la gestion des ressources humaines, du temps et du budget. Nous avons été amenés à concilier ces contraintes avec les exigences d'une réelle pédagogie de projet centrée sur la mise en autonomie approfondie des élèves.

La pédagogie de projet telle que mise en œuvre est un moyen différent, pour l'élève, de construire son savoir. D'une pédagogie linéaire et parallélisée où les savoirs sont empilés et les matières cloisonnées, on s'oriente vers une pédagogie spiralaire où les notions sont décroisonnées et élaborées progressivement.

Comment varie la masse des œufs au cours de l'incubation ?

Franck James, Bernard Darley

IUFM d'Aquitaine, Université Bordeaux 4

BP 219, 33021 Bordeaux CEDEX

franck.james@aquitaine.iufm.fr

bernard.darley@aquitaine.iufm.fr

RÉSUMÉ. Cette communication présente un exemple de démarche d'investigation mise en œuvre par trois enseignants sur la base d'une transposition didactique des phénomènes métaboliques ayant une incidence sur l'évolution de la masse des œufs au cours de l'incubation. L'analyse montre la richesse didactique des trois situations organisée autour d'une prémisse erronée.

MOTS-CLÉS : transposition didactique, démarche d'investigation, savoir savant

KEYWORDS : didactic transposition, inquiry, scientific knowledge

Introduction

Notre travail cherche à analyser la richesse d'exploitation didactique que représente la pesée d'œufs en incubation tout au long du développement de l'embryon. Au-delà du premier obstacle que va représenter pour les élèves un système en croissance qui ne prend pas de masse, c'est la perte de masse qui va être vraiment génératrice de questionnement et d'investigation : où est passée la masse manquante ? Sous quelle forme une masse a-t-elle pu « sortir » de l'œuf ? Quelle signification métabolique a cette perte de masse ? Le problème n'est pas aussi simple qu'il y paraît et méritait une analyse didactique approfondie.

1. Contexte du projet de recherche, corpus de données et méthodologie

Un projet de construction d'incubateur électrique pour obtenir des poussins à partir d'œufs fécondés a été proposé à 3 maîtres (C, G et P) de l'agglomération bordelaise. Le projet de construction de couveuse a été proposé à ces enseignants sans leur donner d'impératifs dans la nature des objectifs visés, qu'ils soient notionnels ou méthodologiques. La seule contrainte était de mettre en œuvre une démarche d'investigation (DI) (Morge *et al.*, 2007).

La majorité des séances de classe ont été filmées ; le corpus de données est constitué des retranscriptions intégrales de ces enregistrements vidéo. Le problème que nous traiterons ici est celui de l'évolution de la masse de l'œuf au cours du temps.

2. Le cadre didactique et scientifique dans lequel s'inscrit l'évolution de la masse de l'œuf au cours de l'incubation

2.1. Le cadre didactique tel qu'il est posé en classe

La question traditionnellement induite ou posée aux enfants sur le devenir du poids de l'œuf lors d'une incubation est sous tendue par deux objectifs. Le premier est de mettre en évidence un des principes fondamentaux qui définit l'oviparité, à savoir que l'embryon se développe à partir des seules réserves de l'œuf. Le second est de mettre en évidence, de manière indirecte, des échanges gazeux, et donc de matière, entre l'œuf et le milieu extérieur. La problématique de la DI s'appuie sur la conception des élèves associant augmentation de la masse de l'embryon et augmentation de la masse du système « œuf ». Cette ébauche de questionnement pourrait donc suffire à justifier les pesées puisque, si l'œuf est considéré comme un système clos, la masse de l'œuf au cours de l'incubation ne devrait pas varier.

Sur le plan didactique la pesée des œufs va donc induire un travail sur les différentes stratégies possibles de pesée, sur le relevé et le traitement des données (tableaux, graphiques...), et une réflexion sur les causes de ces variations conduisant à une investigation sur la porosité de la coquille, les transferts et la matérialité des gaz.

2.2. Le cadre scientifique dans lequel s'inscrit ce questionnement

La littérature (Schmidt-Nielsen, 1997, Kutchai *et al.*, 1971) nous apprend que les flux d'O₂ et de CO₂ s'équilibrent en masse mais qu'il y a une sortie importante et continue de vapeur d'eau au cours de l'incubation (15 %), ce qui provoque la diminution régulière de masse de l'œuf. Cette perte d'eau se produira dans les mêmes proportions avec un œuf non fécondé mis en incubation et ne peut alors pas être utilisée comme indicateur du bon développement de l'embryon. Ainsi, même si les métabolismes d'un embryon et d'un œuf non fécondé sont très différents, cette différence ne peut être identifiée en classe puisqu'on ne peut distinguer l'origine de l'eau échangée (eau métabolique ou eau solvant). Ce qui pose un problème tout à fait intéressant en termes de transposition didactique (Chevallard, 1985).

3. Traitement didactique de la question de la variation de masse des œufs.

3.1. Quels objectifs, notionnels ou méthodologiques, ont motivé cette question chez le maître ?

Les trois enseignants abordent cette question et construisent leurs séances avec l'idée que la masse des œufs pourra être mise en relation avec l'aspect des œufs observés par mirage. En effet le mirage montre avec un degré de précision assez grand que le développement de la chambre à air est parallèle à la diminution de la masse. En posant cette question, les trois enseignants abordent un des principes fondamentaux qui définit l'oviparité.

Cette proposition de peser les œufs a permis de poser dans les trois classes les jalons d'une DI avec :

- 1) formulation d'hypothèses et expression d'une causalité : « Il ne va pas garder le même poids car au début il est tout minuscule, l'embryon, et il va grossir donc l'œuf va peser plus lourd » ou encore lorsque la diminution de la masse aura été mise en évidence : « Oui le blanc diminue, l'embryon grossit, mais comme il digère le blanc il le réduit, il y en a moins, et la masse diminue ».
- 2) test de l'hypothèse par l'expérience (protocole de pesée des œufs),
- 3) analyse et interprétation des résultats des mesures pour infirmer ou confirmer les hypothèses.

La mise en évidence rapide de la perte de masse amène les élèves à explorer de nouvelles hypothèses. Qu'est-ce qui a pu sortir ? Comment cela est-il sorti ? Qu'est-

ce qui l'a remplacé ? Une des hypothèses émises par les élèves est la suivante : « L'embryon a mangé le blanc donc il y a plus de place pour l'air, donc l'air rentre. Et comme l'air ça pèse moins que le blanc, donc l'œuf pèse moins lourd ».

Chez C et P, la mise en évidence de la porosité de la coquille viendra étayer la notion d'échanges gazeux associés à la respiration et renforcera l'idée que la diminution de masse de l'œuf a pour origine ces échanges gazeux. Un élève proposera d'ailleurs : « Notre poussin va respirer. Comme il y a des trous, l'air c'est normal qu'il sorte et qu'il entre. L'oxygène peut entrer et le gaz carbonique peut sortir ».

3.2. La maîtrise de savoirs scientifiques en jeu est-elle un préalable à la mise en œuvre d'une DI ?

La question est, bien entendu, provocatrice mais elle mérite d'être posée. À la fin de leur projet les enseignants des 3 classes ont été questionnés à ce sujet. Leurs réponses et l'analyse des séances de classes montrent une maîtrise scientifique partielle des savoirs relatifs à la question de la perte de masse. Des imprécisions apparaissent comme : la confusion entre matière et énergie (P) ; la méconnaissance du bilan de la respiration cellulaire (G et P) ou du rôle de l'hygrométrie sur la vitesse d'évaporation de l'eau (C), de l'intensité des échanges gazeux (G et C) ; l'oubli du témoin dans la mesure des masses des œufs (G et P)... Ces manques influenceront les choix didactiques des enseignants et conduiront quelquefois à des approximations scientifiques autour de l'explication finale qui sera donnée à cette question. Pour P par exemple, la masse devait diminuer car il considérerait cette baisse comme un indicateur fiable du bon développement embryonnaire. Or un œuf commercial incubé subit une perte de masse similaire.

Cependant, et cela peut paraître paradoxal, malgré ces connaissances approximatives, les élèves ont été placés en situation d'investigation pertinente. On pourrait même aller plus loin en disant que c'est justement leur manque de connaissances qui a permis à ces enseignants de proposer une démarche qui avait sa cohérence interne basée sur la prémisse suivante : la perte de masse est liée aux réactions métaboliques et la porosité de la coquille est responsable de la « fuite » des gaz (CO_2 et H_2O) impliqués dans le métabolisme. Pour P, le témoin (l'ovule non fécondé) est donc sans intérêt puisque, a priori privé de métabolisme, il ne peut être l'objet de ces échanges. La comparaison n'a donc de sens qu'entre les états de développement d'un même œuf.

La parfaite connaissance des mécanismes de déshydratation qui touchent aussi bien les œufs fécondés que non fécondés invalide la prémisse, et donc la pertinence même de cette pesée puisqu'elle aurait abouti à aucune différence notable. Pesée qui, pourtant, est génératrice d'investigation puisqu'elle conduit à la mise en évidence du concept de porosité, généralise le concept de respiration et renforce celui de matérialité des gaz. Autant d'objectifs dont on ne peut nier l'intérêt et pourtant introduits sur la base d'une prémisse fausse.

Il est alors intéressant de s'interroger sur ce qu'aurait pu être une DI basée sur une prémisse exacte : la perte de masse est uniquement liée à la déshydratation de l'œuf puisque les échanges CO_2/O_2 s'équilibrent en masse. Cette prémisse a pour conséquence de ne pas permettre la mise en évidence du métabolisme et donc des échanges respiratoires d'un être en développement. Si l'ovule reste une cellule vivante, son métabolisme n'en est pas moins très différent de celui de l'œuf, ce que révèle l'analyse fine des échanges gazeux. Une même apparence phénoménologique cache en réalité des mécanismes très différents. Alors faut-il sacrifier une investigation extrêmement riche sur l'autel du canon scientifique ? Même si la mesure « objective » des masses semble leur donner tort, ces enseignants qui voyaient dans la perte de masse un indicateur de métabolisme n'étaient finalement pas si loin de la vérité puisque c'est bien l'origine de l'eau qui s'évapore (métabolique ou solvant passif) qui est en jeu.

4. Conclusion

Au regard de tous ces obstacles qui peuvent interdire la compréhension de l'origine du phénomène de diminution de masse des œufs au cours de l'incubation, on peut opposer des arguments qui justifient de questionner malgré tout les élèves sur ce point. En effet, cette question a amené les enfants à s'interroger sur des notions telles que la conservation de la masse (G), le concept d'oviparité (G, C et P), la relation entre croissance et développement (G, C et P), la fonction de nutrition, et en particulier digestion et respiration (C et P) ou encore la matérialité des gaz (C et G). D'un point de vue méthodologique, les élèves ont été invités à mobiliser des compétences liées à la mesure d'une grandeur (masse), au traitement de données graphiques, mais aussi à se familiariser avec les attributs de la démarche d'investigation (formulation d'hypothèses, causalité, élaboration d'un protocole, rigueur des mesures, interprétation des résultats et confrontation aux hypothèses de départ...). Autant de questions heuristiques qu'une prémisse exacte n'aurait pas suscitées. La question de la transposition didactique reste donc bien posée.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier très sincèrement C, G et P pour le harcèlement didactique auquel ils ont été soumis.

5. Bibliographie

Schmidt-Nielsen, K. (1997). *Animal physiology, adaptation and environment*. Cambridge University Press ; 5th Revised edition.

Kutchai H. & Steen J. B (1971). Permeability of the shell and shell membranes of hens' eggs during development, *Resp. Physiol.*, 11, p. 265-268.

- Morge, L. & Boilevin, J.-M. (dir.) (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : SCEREN et CRDP d'Auvergne.
- Chevallard, Y. (2005). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Un dispositif technopédagogique pour l'investigation en biologie : éléments de bilan après sept ans

François Lombard

TECFA ; IUFE, LDES

Université de Genève

francois.lombard@unige.ch

RÉSUMÉ. Nous avons développé durant 7 ans un dispositif technopédagogique pour l'investigation en biologie à Genève. La plus grande partie de l'année terminale reposait sur ce dispositif qui devait donc assumer la pleine responsabilité des acquis à l'examen de maturité (= baccalauréat) dans la discipline principale de ces étudiants.

Nous avons cherché à déterminer quelles caractéristiques de ce dispositif permettent de développer la démarche scientifique en tant que méthode de validation des connaissances et comme processus cyclique (Sandoval, 2004).

Nous montrons que les élèves développent des stratégies de sélection de ressources et de validation autonome des savoirs. Nous trouvons que l'écriture itérative, la confrontation répétée des textes en cours d'élaboration ainsi que la disponibilité de ressources abondantes et de qualité variée sont des caractéristiques importantes pour mener à ces résultats.

Nous discuterons dans quelle mesure ces caractéristiques constituent des indices de développement de connaissances scientifiques.

MOTS-CLÉS : investigation, dispositifs, ingénierie pédagogique, wiki, biologie

KEYWORDS : inquiry, design, info literacy, wiki, biology

Introduction

Nous avons développé durant sept ans un dispositif technopédagogique pour l'investigation en biologie. Pour étudier les effets de ce dispositif, nous procédons à l'analyse des co-écritures successives ainsi que de questionnaires soumis aux élèves. Cet article présente un condensé de certains résultats, focalisé sur la validation des connaissances et les stratégies de sélection des ressources.

Nous conceptualisons l'investigation scientifique comme un processus de questions et de réponses (Hintikka, 1992), de nature cyclique (Bereiter, 2002 ; Sandoval, 2004). Une caractéristique de la science est la validation des savoirs par leur construction logique reposant sur des données (Sandoval, 2004). L'investigation se manifeste par un cycle, généralement répété, dont les phases cruciales sont la formulation de questions, la recherche de réponses, une production – souvent écrite – la discussion et la réflexion débouchant sur la redéfinition des questions. Ainsi, « faire de la science » c'est accompagner les élèves pour qu'ils valident eux-mêmes les savoirs trouvés et étayent scientifiquement leurs connaissances. Les manipulations expérimentales sont une manière de valider les savoirs parmi d'autres (observations, enquêtes, lectures...). Hakkarainen et Sintonen (2002) montrent que l'investigation peut mener les apprenants depuis des questions vagues vers une exploration scientifique. Dans un dispositif d'investigation, l'enseignant devrait donc laisser les élèves construire les questions mais s'assurer qu'elles sont problématisées, guident la validation des connaissances et permettent la sélection de ressources appropriées. Les productions écrites manifestent les étapes de la compréhension. Elles sont un artefact conceptuel (Bereiter, 2002) qui permet la confrontation des conceptions émergentes des élèves sur une question. Ainsi l'écriture est mise à profit dans l'investigation pour sa fonction de clarification de la pensée (Klein, 1999). La nature itérative de l'investigation se manifeste par une écriture retravaillée et une construction progressive de la pensée. La recherche montre que les apprentissages profitent des confrontations épistémiques lorsque les conflits sont sociocognitifs plutôt que relationnels (Buchs, 2007).

1. Méthodologie

Ce dispositif s'appuie sur un espace d'écriture itérative et de confrontation supporté par un wiki (un site web interactif dans lequel un même texte peut être élaboré collaborativement à distance par les élèves et les enseignants). Cette écriture sous-tend une démarche de co-élaboration des connaissances. L'approche méthodologique est *design-based* (Design Based Research Collective, 2003) : les résultats sont des règles de conception de dispositifs. L'analyse s'appuie sur l'enregistrement automatique des versions successives d'écriture sur le serveur wiki. Nous avons analysé les textes et recherché les effets des modifications du dispositif d'apprentissage dans ses itérations successives. L'analyse est stratigraphique, annuelle, et pluri-annuelle. Nous tenterons de montrer ici quelles caractéristiques du

dispositif développent les compétences scientifiques de validation autonome des savoirs et de choix critique des ressources. Une sélection de textes a été analysée pour sa complexité épistémique selon l'échelle à quatre niveaux de Hakkarainen modifiée par Zhang, *et al.*, (2007) (Descriptions simples, Descriptions élaborées, Explications simples, Explications élaborées) Des questionnaires ont été administrés aux élèves durant l'activité et plus tard, lorsqu'ils sont devenus étudiants à l'université. Le chercheur étant aussi l'enseignant, des dispositifs assez radicaux ont pu être explorés, mais une généralisation des résultats doit être évaluée soigneusement.

Cet article se réfère principalement à un dispositif technopédagogique, supporté par un wiki que nous nommerons IBL, implémenté durant presque toute l'année scolaire, sept années de suite dans des classes de biologie en année terminale. Les chapitres traités sont la biologie moléculaire, la génétique et l'immunologie. L'essentiel de l'activité – en classe et comme devoirs entre les leçons – est l'investigation par les élèves des chapitres sélectionnés, tantôt par l'expérimentation, l'observation ou la lecture et se manifeste par la production commune d'une brochure de préparation aux examens. La classe est divisée en 4 groupes d'élèves « experts » pour un sous thème, qui sont responsables de composer pour leurs pairs des textes destinés à préparer les examens. Un chapitre est traité en 2-3 cycles de l'IBL sur environ 3-4 semaines. La dévolution des questions aux élèves repose sur une claire séparation de la responsabilité curriculaire – que l'enseignant conserve – du rôle d'autorité de savoir scientifique : les ouvrages de référence. Des règles de rédaction structurent l'écrit, notamment la limitation de chaque paragraphe à un seul concept et guident l'investigation : les questions vagues et générales du début éclatent en plusieurs questions plus précises et pertinentes au fur et à mesure que s'organisent les concepts. Les élèves opèrent eux-mêmes la sélection des ressources dans un environnement très riche : ouvrages scolaires, académiques, internet, ouvrages académiques on-line. Depuis le domicile, les élèves ont très largement recours aux ressources disponibles par internet mais aussi à leur ouvrage de référence papier. La co-écriture dans le wiki est fortement itérative (5-10 révisions par les élèves sur 3-4 semaines), elle est guidée par un feedback régulier de l'enseignant. Des présentations aux pairs ont lieu dès le début, chaque groupe par sous thème, 2 fois par chapitre, soit tous les 10 jours environ.

2. Une sélection de résultats et leur analyse

Ce dispositif a permis aux élèves d'obtenir des résultats aux examens semblables ou meilleurs que ceux des autres classes. Le contrôle par l'enseignant des questions investiguées s'est avéré suffisant pour garantir la couverture du programme. Les élèves et les étudiants déclarent dans les questionnaires avoir acquis des stratégies efficaces d'apprentissage et de bonnes connaissances en biologie. L'analyse des productions au cours de l'année montre un accroissement de la complexité épistémique des réponses produites par les élèves. Ces résultats ont été présentés ailleurs (Lombard, 2010). Pour une page wiki typique, on voit au cours de l'année

que le nombre de descriptions augmente modérément, que le nombre d'explications simples augmente de 11 à 55, et les explications élaborées de 3 à 16. La rédaction dépasse le niveau descriptif et développe effectivement l'explication des mécanismes biologiques complexes de l'immunologie.

Laisser à l'élève – progressivement au cours de l'année – la responsabilité de décider quels savoirs sont acceptés et leur degré de validité, a montré que les élèves sélectionnent et synthétisent dans les pages wiki des savoirs approfondis et pertinents. Les élèves sont cependant partagés lorsqu'ils sont interrogés sur leur appréciation du fait que « le maître ne donne pas souvent les réponses... ». Entre « je n'aime toujours pas » (= 1) et « finalement c'est bien » (= 4), une majorité déclare apprécier ($\mu = 3.0$ sur 4). Mais la variance ($\sigma = 1.04$) est élevée et ne corrèle pas bien avec les résultats aux examens. Cela suggère que la responsabilité de valider est bien perçue par beaucoup, mais reste une cause d'inquiétude chez certains bons élèves aussi.

L'analyse des textes révèle un déplacement des choix des élèves depuis les simples recherches Google et le copier-coller, par Wikipedia, vers des ressources d'authenticité croissante : ils ont progressivement privilégié leur ouvrage de référence et même des ouvrages académiques spécialisés en immunologie (Janeway, *et al.* 2001). Par exemple une page wiki sur l'immunité humorale (fin d'année) contient 10 références explicites et 7 figures tirées de cet ouvrage. Les élèves ont exprimé des préférences discriminantes sur les ressources : pour des questions précises, leur ouvrage de référence est préféré ($\mu = 3.1$ sur une échelle Likert de 1 à 4), avant Wikipedia ($\mu = 2.6$). Le rapport aux ouvrages volumineux change un élève écrit par exemple dans le questionnaire en fin d'année : « en 3 ans de biologie, je n'avais jamais osé m'aventurer dans le Campbell tant il me faisait peur, maintenant c'est la première chose que je fais quand je dois trouver réponse aux questions ».

Ainsi laisser la responsabilité de la sélection aux élèves pour qu'ils développent leurs propres stratégies paraît globalement efficace et les élèves déclarent que le dispositif les a aidés à « développer [leur] capacité à extraire des informations pertinentes de l'ensemble des ressources disponibles » ($\mu = 3.05$ sur 4). Il est apparu que les élèves, lors de la préparation des examens, sachant qui avait réalisé quelle partie du texte, jugeaient en permanence la validité de ce qu'ils lisaient. La qualité incertaine des documents produits par leurs pairs pourrait avoir développé la compétence d'attribuer aux connaissances qu'ils construisent une source, et une validité variable. Cette compétence est cruciale en science.

3. Discussion

Il est peut-être utile de rappeler qu'il ne s'agit pas ici d'analyser un design particulier, mais d'essayer d'extraire les liens entre les particularités du dispositif et les effets qu'on peut en attendre afin de concevoir d'autres dispositifs adaptés à d'autres contextes. Globalement ces résultats suggèrent que cette forme d'investigation peut aider à développer chez les élèves des connaissances

scientifiquement fondées. La rédaction itérative, dans un espace d'écriture partagé, avec un feed-back constructif peut permettre l'investigation de sujets scientifiques difficiles et développer la validation autonome des connaissances. Des opportunités d'exposer leurs idées en cours de construction favorisent la prise de conscience des limites de leurs propres connaissances et permettent de recadrer l'investigation. Une fois que les élèves sont équipés de stratégies de recherche et d'organisation du texte, il pourrait être judicieux de les confronter à des données de qualité incertaine pour exercer leurs stratégies de validation des connaissances. En effet l'usage de documents douteux incite – au moins en partie – à établir la source, à vérifier les données, à établir la justification et à attribuer une validité mesurée, des activités cognitives qui caractérisent la connaissance scientifique.

Si la plupart des élèves se sont trouvés à l'aise dans la façon scientifique d'établir eux-mêmes la validité de leurs connaissances, certains se sentent désorientés sans la validation de l'enseignant. Les effets de cet inconfort sur leur investissement restent à établir, et pourraient être liés à des valeurs personnelles ou culturelles à propos du rapport à l'autorité et à sa contestation. Nous poursuivons la réflexion sur ce point.

Remerciements

L'auteur remercie le TECFA, le LDES, l'IUFE, le Département de l'Instruction Publique de Genève pour avoir soutenu cette recherche en vue de sa thèse.

4. Bibliographie

- Bereiter, C. (2002). *Education and Mind in the Knowledge Age* (Second edition). Mahwah, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.
- Buchs, C. (2007). *Initiation à la pédagogie coopérative*. Genève : FPSE Université de Genève.
- Design Based Research Collective. (2003). Design-Based Research : An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), p 5-8.
- Hakkarainen, K., & Sintonen, M. (2002). The Interrogative Model of Inquiry and Computer-Supported Collaborative Learning. *Science & Education*, Vol. 11 (1), p 25-43.
- Hintikka, J. (1992). The interrogative model of inquiry as a general theory of argumentation. *Communication and Cognition*, 25 (2-3), p 221 – 242.
- Janeway, C. A., Travers, P., Walport, M., & Shlomchik, M. (2001). *Immunobiology*. New York and London : Garland Science.
- Klein, P. D. (1999). Reopening Inquiry into Cognitive Processes in Writing-To-Learn. *Educational Psychology Review*, 11 (3), p. 203-270.

- Lombard, F. (2010, sous presse). New opportunities for authenticity in a world of changing biology. *Paper presented at « Authenticity in Biology Education : Benefits and Challenges »*, 13-19 july 2010, Braga Portugal.
- Sandoval, W. A. (2004). Developing Learning Theory by Refining Conjectures Embodied in Educational Designs. *Educational Psychologist*, 39 (4), p 213-223.
- Zhang, J., Scardamalia, M., Lamon, M., Messina, R., & Reeve, R. (2007). Socio-cognitive dynamics of knowledge building in the work of 9-and 10-year-olds. *Educational Technology Research and Development*, 55 (2), p 117-145.

Math-Bridge : investigation en remédiation individualisée lycée/université

Christian Mercat

LEPS-LIRDHIST – Université Lyon 1
La Pagode – 38, Bd Niels Bohr
69622 Villeurbanne CEDEX
mercato@math.univ-montp2.fr

RÉSUMÉ. *Le projet européen eContent + Math-Bridge, vise à apporter un soutien pédagogique à deux populations d'étudiants dans les premières années d'université :*

- il aide les étudiants faibles à identifier, par l'investigation, leurs lacunes en mathématiques, puis à les combler ;

- il permet aux étudiants curieux de construire des parcours pédagogiques individualisés pour découvrir de nouveaux sujets.

Un site Internet délivre le contenu, qui repose sur une modélisation des compétences de l'étudiant, et qui évolue en fonction de ses réponses à des exercices interactifs. Des moteurs d'intelligence artificielle, des « raisonneurs », permettent de donner un retour à l'utilisateur qui pousse à l'investigation. Des « livres » personnalisés adaptés à l'étudiant collectent des éléments pédagogiques dans la grande base de contenu du projet, constituée des cours de remédiation des universités partenaires, permettant de découvrir de nouveaux sujets ou de travailler différemment, des parcours pédagogiques tels que « découverte » ou « entraînement » sélectionnant des contenus différents. Le grain de ces objets est très fin, à l'échelle du paragraphe, tous étiquetés par une ontologie des sujets et des compétences.

MOTS-CLÉS : *remédiation, transition, TICE, individualisation, multilinguisme*

KEYWORDS : *remediation, transition, ICT, individualisation, multilingual platform*

Introduction

Le taux d'échec dans les premières années d'université en science est très élevé. Le niveau des étudiants est très hétérogène et le socle commun des compétences, sensé être acquis au lycée est souvent chancelant, sur des points qui diffèrent d'un étudiant à l'autre. Des cours de remédiation tout public sont largement inefficaces et peu motivants car pas assez ciblés. Un étudiant aura par exemple besoin de revoir les fractions, tandis qu'un autre nécessiterait d'approfondir les systèmes d'équations linéaires ou la géométrie du triangle.

1. Le projet Math-Bridge

Le projet européen Math-Bridge met en place des outils informatiques et du contenu pédagogique qui permettront à un étudiant dans les premières années d'université scientifique, d'identifier ses faiblesses en mathématiques et d'y remédier de manière individualisée. Le système a, pour chaque étudiant, un modèle de ses compétences et de leur degré de maîtrise, lui proposant du contenu pédagogique (cours, exemples, exercices) adapté à celles-ci et l'amenant à un ensemble de compétences visées, en construisant un parcours pédagogique adapté. Les réponses aux exercices d'auto-évaluation (cf. Figure 1) permettent aux compétences de l'étudiant et à leur modélisation par le système, d'évoluer, en étant mieux acquises ou au contraire en s'érodant (Gogvadze, 2009).

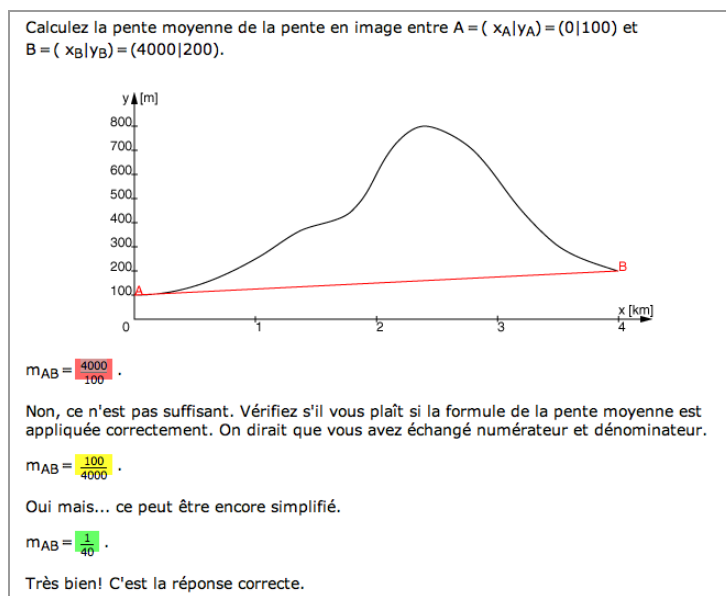


Figure 1. Les réponses aux exercices sont le plus souvent riches et contextuelles.

Les faiblesses dans les compétences peuvent parfois venir de très loin, comme par exemple la distribution de la multiplication par rapport à l'addition ou la maîtrise de la proportionnalité, les identifier précisément peut être difficile pour l'étudiant, puis l'avouer devant un enseignant est humiliant, tandis que travailler ses bases avec un système informatique peut être vécu comme moins pénalisant et plus constructif.

Le projet peut être utilisé :

- par les enseignants pour élaborer un cours en proposant un parcours pédagogique type ;
- par les étudiants, nouveaux arrivants ou en formation continue, pour consolider leurs acquis jusqu'à certaines compétences visées par un cours donné. Des outils pour un apprentissage collaboratif sont disponibles (McLaren *et al.*, 2010) ;
- en exploration libre pour s'auto-former.

2. Contenu pédagogique

Le contenu pédagogique est présenté sous forme de paragraphes largement indépendants, étiquetés sémantiquement par des métadonnées (cf. Figure 2) qui lui donnent du sens. On peut avoir par exemple « la démonstration pour » le « théorème des accroissements finis », adressé aux élèves chimistes. Cet étiquetage très fin permet de rechercher précisément, manuellement ou automatiquement, des objets pédagogiques.

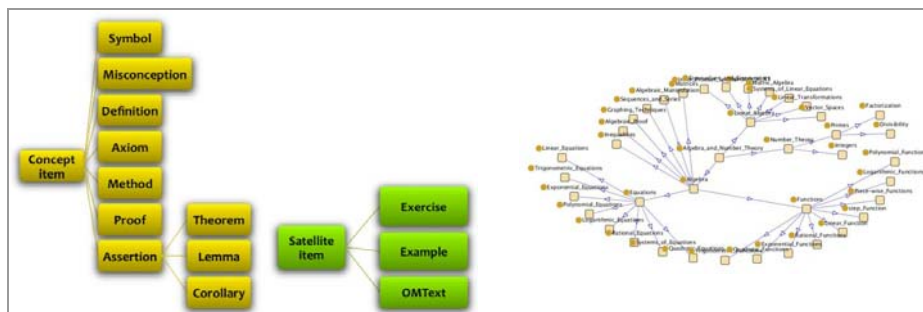


Figure 2. Chaque objet pédagogique est finement étiqueté à l'échelle du paragraphe par des éléments d'une ontologie des sujets, des compétences et des relations entre ces objets.

Math-Bridge modélise le savoir de chaque étudiant en fonction de son utilisation de la plateforme (Scheuer *et al.*, 2010), et en particulier de ses réponses aux exercices qui valident ou érodent ses compétences. Le système s'appuie sur ce modèle de manière à proposer à l'étudiant du contenu adapté. On peut ainsi créer des « livres » pour un sujet donné : le système va assembler des objets pédagogiques qui permettront à l'étudiant d'aller de son savoir actuel au savoir visé. De plus, cette collecte peut suivre différents scénarii pédagogiques (cf. Figure 3) : découverte avec

beaucoup de motivations et d'exemples, résumé de cours avec les définitions et les théorèmes, fascicule d'exercices ou simulation d'examen.

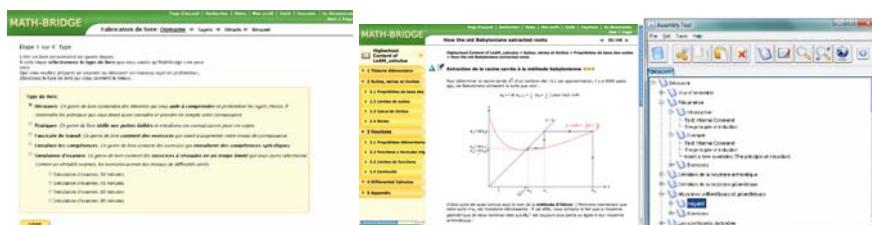


Figure 3. Différents types de scénarii pédagogiques permettent d'élaborer des « livres » en collectant des objets pédagogiques dans un ordre et une proportion contrôlés, adaptés à l'étudiant. Ces livres peuvent être ensuite assemblés dans un éditeur spécifique.

La présentation peut également être adaptée à l'étudiant : La notion de Plus Grand Commun Diviseur par exemple, se note de manière différente en Allemagne, en Angleterre ou en France (cf. Figure 4), ou bien suivant le niveau (Melis *et al.*, 2009). En fonction des préférences utilisateur, telle notation sera utilisée plutôt que telle autre.

en	hu	de	fr	es	ru	zh	nl
gcd(4,6)	gcd(4,6)	ggT(4,6)	pgcd(4,6)	mcd(4,6)	НОД(4,6)	gcd(4,6)	GGD(4,6)

Figure 4. Le Plus Grand Commun Diviseur de 4 et 6 est 2, noté différemment pour divers contextes linguistiques.

Du point de vue des universités, l'ontologie des compétences mise en place dans le projet, pourra normaliser les compétences requises et visées par des unités d'enseignement, facilitant la mobilité des étudiants et automatisant leur vérification. Le contenu pédagogique sera disponible en plusieurs langues européennes : française, allemande, anglaise, espagnole, hollandaise, hongroise et finlandaise.

L'efficacité pédagogique du dispositif sera mesurée sur de grandes cohortes avec pré-tests, post-tests, comparaison de l'accroissement de connaissance par rapport à un groupe de contrôle.

Le projet Math-Bridge s'appuie sur les banques de matériel des différents partenaires :

- Mathe-online, <http://mathe-online.at>, Université de Vienne (Autriche) ;
- VEMA, <http://www.mathematik.uni-kassel.de/~vorkurs>, Universités de Kassel et Paderborn (Allemagne) ;
- OUNL, <http://www.ou.nl>, Université Ouverte des Pays-Bas ;
- Tampere University of Technology (Finlande) ;
- LeActiveMath, <http://www.activemath.org/Content/DifferentialCalculus>, DFKI, Université de Saar (Allemagne).

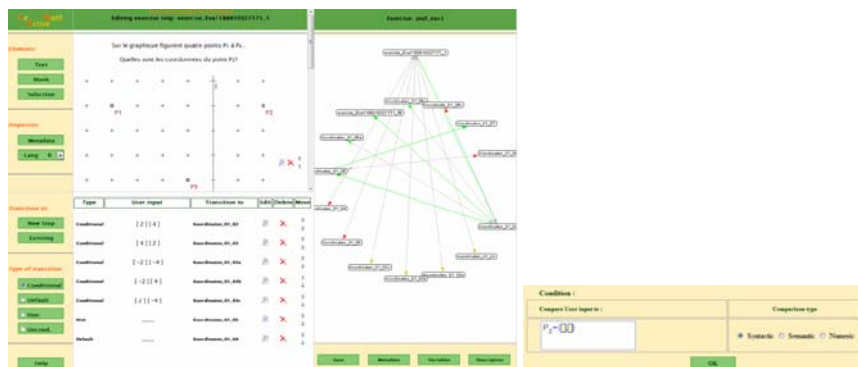


Figure 5. Un exerciceur sophistiqué permet l'élaboration d'exercices à étapes dont le retour utilisateur est finement conditionnel, syntaxique, sémantique ou numérique.

3. En guise de conclusion

Le projet, commencé en mai 2009, se terminera en janvier 2012. Le budget du projet, cofinancé par la communauté européenne, est de 3,6 M€. Le coordinateur est l'Institut Allemand de Recherche en Intelligence Artificielle (DFKI), représenté par Dr Erica Melis. Le partenaire français est l'université Montpellier 2, représentée par Christian Mercat.

4. Bibliographie

- Goguadze, G. (2009), Semantic Evaluation Services for Web Based Exercises. In M. Spaniol, Q. Li, R. Klamka, R.W.H. Lau (dir.), *Proceedings of 8th International Conference on Web Based Learning - ICWL 2009* (p. 171-181), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 5686, Springer.
- McLaren, B. M., Scheuer, O., Mikšátko, J. (2010), Supporting Collaborative Learning and E-Discussions, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)* 20 (1), 1-46. Disponible sur Internet : <http://www.cs.cmu.edu/~bmclaren/pubs/McLarenScheuerMiksatko-SupportingCollabLearningWithAI-IJAIED2010.pdf>
- Melis, E., Goguadze, G., Libbrecht, P., Ullrich, C. (2009), Culturally Aware Mathematics Education Technology. In E. Blanchard and D. Allard (dir.), *The Handbook of Research in Culturally-Aware Information Technology: Perspectives and Models* (pp. 543-557), IGI-Global Publisher. Disponible sur Internet : <http://www.activemath.org/pubs/MelisGoguadzeUllrichCultureBook2009.pdf>
- Scheuer, O., McLaren, B. M., Loll, F., Pinkwart, N. (to appear 2010), Automated Analysis and Feedback Techniques to Support and Teach Argumentation: A Survey. In N. Pinkwart and B. M. McLaren (dir.), *Educational Technologies for Teaching Argumentation Skills*, Bentham Science Publishers. Disponible sur Internet :

<<http://www.activemath.org/pubs/Scheueretal-AnalysisFeedbackArgumentationSurvey-2010.pdf>>

<http://www.math-bridge.org/>



UNIKASSEL
VERSITÄT



UNIVERSITÄT PADERBORN
an der Universität der Bundesrepublik Deutschland



universität
wien



Universidad
Carlos III de Madrid



um2

Regards croisés sur les pratiques

Démarche d'investigation, ressources, travail collectif

Dominique Rojat

Doyen de l'Inspection générale de sciences de la vie et de la Terre

dominique.rojat@education.gouv.fr

MOTS-CLÉS : Démarche type, approche par compétences, complexité, mutualisation des ressources, partenariat

KEYWORDS : Model of inquiry-based approach, approach by competencies, complexity, resource sharing, partnership

Introduction

Démarche d'investigation, ressources, travail collectif. Que penser de cette juxtaposition ? S'agit-il de l'association inéluctable de concepts liés, ou au contraire d'un rapprochement artificiel de thématiques à la mode sans rapport entre elles ?

1. La démarche d'investigation comme source de diversité pédagogique

Commençons par une métaphore. Pourquoi ressent-on un sentiment de malaise lorsque l'on est en relation téléphonique avec la *hot-line* de tel ou tel fournisseur de service ? Pourtant, on a affaire en général à une personne aimable, qui se présente, explique qu'elle va s'occuper de notre cas, reformule la question posée pour être sûre de l'avoir bien comprise, etc. Si l'on nous demandait l'attitude que devrait avoir un interlocuteur téléphonique, il est probable que la réponse décrirait à peu près ce que fait effectivement notre interlocuteur. Et pourtant, le plus souvent, c'est agaçant.

Ce qui rend la relation désagréable, c'est son caractère schématique, systématique et pour tout dire artificiel. Les choses aimables que nous entendons ne sont pas exprimées parce qu'une relation naturelle et chaleureuse y conduit, mais parce que la procédure codifiée l'impose. Il n'y a aucune trace de la spontanéité qui caractérise toute relation humaine réelle.

Il en est souvent de même en matière de pédagogie. Le professeur, expérimenté, applique avec ses élèves une procédure bien huilée, bien conçue, mais si parfaite qu'elle ne peut qu'être répétée à l'identique, justement, sans spontanéité. Il est à craindre que cela produise le même type d'agacement sur les élèves que la *hot-line* sur le client. Un agacement souvent inconscient, en tout cas informulé, mais qui cependant perturbe la relation entre le professeur et les élèves et limite l'efficacité du message. Si l'on regarde dans cet état d'esprit la démarche d'investigation, il est facile de constater qu'elle peut-être la meilleure ou la pire des choses. S'il s'agit, dans une classe donnée, de proposer une démarche qui, au moins partiellement, se construit avec la participation des élèves ; s'il s'agit donc d'une scénarisation unique, fondée sur le mariage de l'improvisation et du talent, alors elle est source de diversité, d'inventivité, de vie. Si au contraire, elle est l'application mécanique et systématique des phases répertoriées ici ou là dans les documents officiels ou non, alors elle est rigidité et source d'ennui.

Que dire alors de cette description standardisée de « la » démarche ? Les programmes eux-mêmes sont absolument clairs et incitent à une compréhension souple de cette description. Il s'agit d'une *démarche type*, une sorte de conceptualisation du processus selon un scénario certes intelligent, mais qui, comme tout concept général, n'est que rarement superposable à une situation réelle. *Démarche type*, ce n'est pas un exemple de mise en œuvre réelle de la démarche. Confondre ces deux aspects, c'est en réalité tuer la démarche d'investigation et lui

interdire de produire un enseignement inventif et vivant. Un peu comme si l'on exigeait de tout château fort d'être construit sur un plan exactement conforme au château « type » que pourrait décrire un médiévaliste.

Remarquons que, ainsi conçue comme source de variété, la démarche d'investigation est bien en phase avec plusieurs éléments de contexte :

- L'article 34 de la loi d'avril 2005 qui incite à l'expérimentation pédagogique et donc à la diversification en réponse aux situations locales.
- Le développement de dispositifs pédagogiques favorables à la mise en œuvre de projets : TPE, thèmes de convergence, enseignements d'exploration (MPS notamment).
- La réflexion sur la pédagogie par tâche complexe.
- L'intérêt de la scénarisation pédagogique à l'échelle de la classe, de l'établissement.
- L'importance donnée à l'approche par compétence, tant dans la pratique pédagogique que dans l'évaluation.
- La personnalisation accrue du parcours des élèves, par exemple en lycée grâce à l'accompagnement personnalisé.
- L'attitude générale conduisant à la valorisation du rôle formateur de l'échec, condition indispensable de la libération de l'innovation.

En bref, tous ces éléments de contexte se résument à une condition commune : la transformation profonde de la relation au savoir que vit notre époque, en lien notamment avec le développement des outils numériques.

2. La dimension collective du travail

Un professeur seul dans sa classe, avec ses élèves, peut fort bien mettre en œuvre une démarche d'investigation. Le travail collectif est-il alors une source de plus value ?

Il est d'autant plus aisé de mettre en œuvre une démarche d'investigation que l'on peut proposer aux élèves, ou définir avec eux, une problématique complexe (c'est-à-dire multifactorielle, et non compliquée). C'est pourquoi les approches transdisciplinaires telles que l'EIST (enseignement intégré de science et technologie) fournissent des conditions particulièrement favorables.

En outre, si la démarche d'investigation ne pose aucune difficulté pour atteindre les objectifs cognitifs et méthodologiques des programmes, sa mise en œuvre fréquente conduit souvent à réorganiser, au cours de l'année, la chronologie des apprentissages. Telle problématique complexe par exemple va rapprocher des notions qui sont présentées éloignées dans le programme. Cela ne pose aucune difficulté en soi, mais cela impose cependant quelques précautions : il faut s'assurer

que, sur l'année, tous les objectifs sont atteints. Il s'agit d'une réflexion difficile, que l'on gagne à conduire en groupe. Et si le projet consiste à organiser le cheminement pédagogique de façon coordonnée entre disciplines et sur toute la durée du parcours dans l'établissement, collège ou lycée, il est évident que la dimension collective s'impose.

Certes, ce travail collectif est enrichissant, enthousiasmant même, mais il est aussi lourd et difficile. Comment et pourquoi des professeurs s'engageraient-ils ainsi dans un travail tellement plus difficile ? Il n'y a au fond qu'une seule raison : il faut que ce travail soit source de plaisir. Plaisir d'enseigner du professeur, plaisir d'apprendre pour les élèves, plaisir du professeur qui déclenche en ses élèves le plaisir d'apprendre. La question devient donc : comment peut-on faire en sorte que la mise en œuvre de pratiques pédagogiques difficiles soit source de plaisir ?

3. La question des ressources

Pour que la démarche d'investigation soit source de plaisir dans le travail, les professeurs ont besoin d'aide, c'est-à-dire, plus concrètement, de ressources.

Schématiquement, trois catégories de ressources existent.

- Les ressources pédagogiques classiques, en ligne ou non. Il s'agit de documents de travail, d'idées de démarches ou de séquences, de matériel, d'exemples utiles à mettre en œuvre. C'est au fond, le plus classique.
- La ressource constituée par les pairs eux-mêmes : le travail collectif (de proximité ou à distance) dont on a vu qu'il est un élément de difficulté, devient alors aussi solution. Il est clair que l'institution devra, dans l'avenir, fournir de bien meilleurs outils de mutualisation que ceux qui existent aujourd'hui.
- Les partenariats sont aussi des aides efficaces. Ils peuvent être fort variés : entreprises, laboratoires de recherches, institutions scientifiques ou muséales, sociétés savantes, autant de structures qui souvent sont prêtes à s'investir à des degrés variables et aident au fonctionnement institutionnel. Les besoins sont si nombreux, la nécessaire diversité si grande, qu'il serait illusoire d'espérer que l'institution puisse à elle seule répondre à la demande.

4. Conclusion

La démarche d'investigation, bien conçue, est le meilleur antidote à l'ennui pédagogique. Héritage d'une longue histoire de réflexion, que l'on peut faire remonter aux premières circulaires des années soixante, à Rousseau, voire à Socrate, elle est une réponse adaptée aux conditions d'aujourd'hui. Elle s'exprime tout particulièrement dans un contexte de travail collectif et met en œuvre une complexité qui nécessite des ressources variées et de qualité.

L'histoire est ancienne ; elle n'est pas finie.

Table ronde

Mise en œuvre des démarches d'investigation dans les pratiques ordinaires des élèves et des enseignants

Sylvie Coppé

*IUFM de Lyon
Université Lyon 1*

*UMR ICAR
Université Lyon 2
sylvie.coppe@univ-lyon1.fr*

La table ronde, animée par Sylvie Coppé, a réuni les témoins scientifiques des quatre ateliers qui avaient précédé et dont l'objectif était de présenter comment les enseignants de différentes disciplines mettent en œuvre des démarches d'investigation dans leurs classes, et de discuter des aspects spécifiques de cette mise en œuvre. Les thématiques des ateliers étaient les suivantes :

- *DIES et technologies de l'information et de la communication ;*
- *DIES et travail collectif ou interdisciplinaire ;*
- *DIES et situations d'apprentissage ;*
- *DIES du point de vue des enseignants.*

Dans les pages qui suivent, les points discutés pendant la table ronde sont présentés par Sylvie Coppé. Cette synthèse générale est suivie par un focus sur chacun des ateliers comprenant :

- *la présentation générale de l'atelier, thématique et questions envisagées ;*
 - *la synthèse du déroulement de l'atelier rédigée par son témoin scientifique ;*
 - *les résumés des deux présentations qui se sont déroulées durant l'atelier.*
-

Les questions sur la mise en place de démarches d'investigation dans les classes, dans les pratiques ordinaires des élèves et des professeurs ainsi que celles portant sur le développement du travail collaboratif des enseignants et d'un éventuel lien entre les deux ont été discutées à travers des thématiques particulières portant plus particulièrement :

- sur les apprentissages des élèves dans des situations de classe ordinaire ou plus particulières, en utilisant les technologies de l'information et de la communication : ainsi, dans les ateliers 1 et 3, les participants ont travaillé sur des activités pouvant être proposées aux élèves dans le cadre des démarches d'investigation.
- sur les pratiques des professeurs en envisageant le travail collaboratif ; ainsi dans les ateliers 2 et 4, ont été présentées des situations d'enseignement ou de formation basées sur la collaboration soit entre professeurs d'une même discipline soit de disciplines différentes.

Quelques points se dégagent des différentes discussions. Tout d'abord, il y a unanimité sur le fait qu'il n'y a pas une seule démarche d'investigation mais des façons différentes de les réaliser, suivant l'épistémologie des disciplines et les situations dans lesquelles on les propose (en classe ou hors classe). Les sept (ou huit étapes pour le programme de Sciences et Vie de la Terre en classe de 2nde) qui sont données à titre indicatif dans l'introduction des programmes de collège ne constituent pas une prescription immuable, des adaptations sont à faire. La mise en œuvre de démarches d'investigation dans les classes vise à mettre les élèves en activité, à les rendre plus autonomes face à la construction de leurs connaissances, à favoriser la prise de responsabilité, le questionnement et la recherche. Mais il est alors nécessaire d'introduire des questions ou des problèmes complexes voire très complexes. Enfin, quels sont les apprentissages visés : des savoirs, des méthodes ? Ainsi, il apparaît que les notions théoriques de dévolution, de milieu et de contrat peuvent permettre de modéliser l'étude de ces situations. Cela pose aussi des questions de reproductibilité de ces situations et de transfert des connaissances ainsi construites. Enfin, on peut se demander si une évolution des curricula n'est pas indispensable.

Mais tout ceci suppose aussi que les pratiques des professeurs évoluent et une façon de favoriser cette évolution peut être le travail collaboratif qui se réalise suivant des modalités variées (dans un établissement scolaires, par les stages de formation continue ou à distance). Quand ce travail est fait entre professeurs de disciplines différentes, cela suppose de trouver des problèmes communs et de faire un travail important pour s'approprier des éléments épistémologiques d'une autre discipline. Pour tous les professeurs, il faut poursuivre la formation qui a été initiée et on sait bien que faire évoluer les pratiques est long et suppose un accompagnement important. La question de la nature et des modalités de cet accompagnement et donc, des ressources qui peuvent être élaborées, constitue un champ de recherche actuel qui englobe différentes problématiques.

Atelier 1 – DIES et technologies de l'information et de la communication

Patricia Marzin

IUFM de Grenoble
30, avenue Marcelin Berthelot, 38100 Grenoble
patricia.marzin@imag.fr

L'atelier s'est déroulé en trois temps :

- *une phase de présentation et d'interaction avec les participants (1 heure) : « L'enseignement de la phylogénie à l'aide du logiciel Phylogène dans une démarche d'investigation » ;*
- *une phase de présentation et d'interaction avec les participants (1 heure) : « Un tableur ? Mais pour quoi faire ? » ;*
- *une phase de discussion portant sur les deux présentations de l'atelier pendant une heure.*

Durant la phase de discussion trois grandes questions ont été abordées :

- *la question de l'accompagnement de l'enseignant ;*
- *la question de l'apprentissage et des conditions à mettre en œuvre pour qu'il y ait apprentissage ;*
- *la question de la place du modèle travaillé par le biais de l'outil, selon qu'il soit objet d'apprentissage ou qu'il soit outil pour l'apprentissage. On pourra aussi poser la question du degré d'explicitation du modèle et des conséquences induites.*

L'atelier était animé par Jana Trgalova (EducTice – INRP).

Introduction

L'atelier s'est déroulé en trois temps, deux temps de présentation par Fabienne Paulin puis par Marc Boullis, puis un temps de discussion entre les différents participants de l'atelier. Chaque temps a duré une heure.

1. Présentation 1 : L'enseignement de la phylogénie à l'aide du logiciel Phylogène dans une démarche d'investigation

La première présentation a été effectuée par Fabienne Paulin (cf. résumé de l'atelier 1.1 plus loin) qui a introduit son exposé par différents éléments de la théorie de l'évolution qu'elle a présentée comme étant une science historique c'est-à-dire une science qui étudie des objets qui n'ont existé qu'une seule fois et que l'on ne peut pas reproduire. Elle a ensuite défini la classification phylogénétique, en citant différents principes :

- Les êtres vivants sont tous parents ;
- Des liens de parenté plus étroits existent entre certains groupes. ;
- Etablir une phylogénie c'est chercher le plus proche parent dans un groupe d'espèces donné ;
- Etablir une phylogénie c'est répondre à la question « qui est plus parent de qui dans un échantillon d'espèces », et non pas « qui descend de qui », comme le pensent souvent les élèves.

Elle a ensuite proposé un exercice d'utilisation du logiciel *Phylogène* à partir de la consigne : « Le crocodile est-il plus proche de l'oiseau que du lézard ? » Fabienne Paulin a guidé les participants dans leur travail visant la recherche de la solution (la construction d'un arbre phylogénétique) avec le logiciel. Elle a montré que la démarche consiste à construire plusieurs arbres phylogénétiques parmi lesquels il s'agit de choisir celui qui semble le plus logique par rapport à la théorie de l'évolution. Or la construction de plusieurs arbres avec le logiciel n'est pas possible, ce qui soulève des questions sur l'impact de l'utilisation de ce logiciel sur les conceptions des élèves. De plus, le logiciel étant relativement fermé au sens que les élèves sont très guidés et n'ont qu'une petite marge de manœuvre, son utilisation dans une démarche d'investigation est discutable. A la fin de la présentation, Fabienne Paulin a proposé les questions suivantes : « comment intégrer cet outil dans une démarche d'investigation ? Comment faire pour ne pas induire des erreurs du type "Les élèves, quand ils font un arbre, démontrent l'évolution" ? »

2. Présentation 2 : Un tableur ! Mais pour quoi faire ?

Lors du deuxième temps de l'atelier Marc Boullis (cf. résumé de l'atelier 1.2) a introduit la notion de DI en mathématiques.

Puis il a proposé aux participants de l'atelier de résoudre le problème suivant : « que peut-on dire de l'entier qui suit le produit de quatre nombres entiers consécutifs ? » en utilisant un tableur.

Au bout d'une demi-heure Marc Boullis a présenté des éléments de résolution. Il a montré qu'il n'y avait pas une solution unique mais que plusieurs solutions algébriques étaient recevables. Ce travail a permis d'apprécier l'apport d'un tableur pour :

- appréhender le vocabulaire, les références ;
- l'utiliser comme calculateur, numérique et formel ;
- travailler avec des formules (ici des formules utilisant 4 opérateurs) ;
- copier une formule pour générer rapidement de nombreux calculs ;
- trier des données ;
- représenter graphiquement des données.

3. Discussion et échanges

Lors du troisième temps une discussion a été menée entre les participants. Les éléments issus de la discussion sont présentés selon quatre points :

1. la question de l'accompagnement de l'enseignant dans la mise en œuvre des démarches d'investigation avec les TICE ;
2. la question de l'apprentissage et des conditions à mettre en œuvre pour qu'il y ait apprentissage ;
3. la question de la place du modèle travaillé par le biais de l'outil, selon qu'il soit objet d'apprentissage ou qu'il soit outil pour l'apprentissage, ainsi que la question du degré d'explicitation du modèle et des conséquences induites ;
4. la place des TICE dans la mise en œuvre des démarches d'investigation.

3.1. Accompagnement de l'enseignant dans la mise en œuvre des démarches d'investigation avec les TICE

Les interventions ont mis en avant les éléments suivants.

- Les enseignants ont du mal à s'affranchir de la démarche expérimentale qui n'est pas toujours possible, et, souvent, sont associées démarche d'investigation et démarche expérimentale. Or dans le cas des sciences historiques il y a mise en place d'une démarche scientifique mais pas expérimentale.

- Les enseignants ont du mal à s'émanciper de la démarche expérimentale selon le schéma OHERIC : Observation-Hypothèse-Expérience-Résultats-Interprétation-Conclusion. Or cette démarche, comme l'a remarqué un des participants, correspond plutôt à la reconstitution/communication d'une « découverte » qu'à une démarche scientifique. Des activités avec le logiciel *Phylogène* seraient calquées sur le schéma

OHERIC. Le logiciel est très guidant, il est amené comme une démarche expérimentale.

- Dans la démarche d'investigation la question de départ et sa formulation sont importantes.

3.2. Apprentissage des élèves et conditions à mettre en œuvre pour qu'il y ait un réel apprentissage

Sur cette question de l'apprentissage, Marc Boullis a introduit l'idée qu'il était important de mettre en place des situations qui se placent dans la « zone proximale de savoir de l'élève », c'est-à-dire que les élèves puissent s'engager dans la résolution de problèmes proposés avec leurs connaissances disponibles sans qu'elles ne soient suffisantes pour la résolution. L'appropriation du problème doit être à la charge de l'élève. Mais se pose alors la question de « comment le faire ? » Un élément de réponse est apparu lors de la comparaison du problème proposé dans l'atelier avec le problème initial dont celui-ci a été une adaptation. Le problème initial proposait dans la consigne la conjecture que l'élève a été susceptible de formuler et de tester. La recherche de conjecture a donc été prise en charge par la consigne et le problème a été réduit au test de cette conjecture et éventuellement sa preuve. Un moyen de laisser l'appropriation du problème à la charge des élèves serait donc de proposer des énoncés qui n'induisent ni la solution ni la méthode ; il appartient donc à l'élève de faire des essais, en déduire des conjectures, les tester, etc.

Un participant a affirmé que les élèves sont souvent déstabilisés par le fait qu'il y a plusieurs réponses possibles. Cela met en évidence un problème de contrat, question qui a été plusieurs fois abordée dans les différentes présentations des journées.

Enfin la mise en œuvre de la démarche d'investigation pose la question des apprentissages visés : la (les) méthode(s) ou/et les savoirs.

3.3. Place du modèle travaillé par le biais de l'outil (objet ou outil) le degré d'explicitation du modèle et des conséquences induites

Sur la question de la place des théories et des modèles, les discussions ont convergé vers l'idée que le cadre théorique doit être connu et explicité et qu'en fonction des différents logiciels (Phylogène, tableur) le modèle peut-être objet d'enseignement ou outil pour construire des notions d'algèbre.

Lors des discussions il s'est posé le problème du lien entre la théorie et les activités, surtout si la théorie est « cachée », ou si elle est implicite. Alors c'est le rôle de l'enseignant d'aider l'élève à faire cet aller-retour entre activité et théorie.

3.4. Place des TICE dans la mise en œuvre des démarches d'investigation

Enfin il a été établi que l'utilisation des TICE ne doit pas générer des obstacles techniques, et que leur utilisation doit être motivée par le problème à l'origine de la démarche.

Les deux intervenants ont illustré le fait que certains obstacles peuvent être allégés par l'utilisation de fiches méthodes ou de fiches techniques.

Il y a eu un consensus dans l'atelier avec l'idée que la prise en compte par les enseignants des effets de la transposition informatique était nécessaire afin d'éviter les effets négatifs sur les apprentissages des élèves.

Atelier 1.1 - L'enseignement de la phylogénie à l'aide du logiciel Phylogène dans une démarche d'investigation

Fabienne Paulin

LEPS-LIRDHIST - Université Claude Bernard Lyon 1
43, Boulevard du 11 Novembre 1918
69622 Villeurbanne CEDEX
fabienne.paulin@univ-lyon1.fr

RÉSUMÉ. Faute de placer les élèves dans un cadre théorique adéquat, les activités qui leur sont proposées à l'aide du logiciel Phylogène peuvent induire l'idée que les relations de parenté ont valeur de « preuves de l'évolution ». Or, la théorie de l'évolution ne s'inscrit pas uniquement dans le cadre d'une science expérimentale et ne relève pas de la seule interprétation de faits d'observation. Les relations de parenté entre les êtres vivants sont recherchées et établies parce que la théorie de l'évolution postule la parenté et c'est en cela qu'elles sont des « patterns » de la théorie de l'évolution. La phylogénie essaie de reconstituer l'histoire évolutive du vivant et elle s'inscrit donc dans le cadre d'une science historique. Dans ce mode scientifique, la validation n'est pas soumise à l'expérimentation. Dans la classe, les activités proposées aux élèves ne sont pas suffisamment contextualisées par les enseignants ce qui a pour conséquence des confusions épistémologiques chez une partie des élèves. C'est au niveau de la problématisation des activités sur la construction d'arbres phylogénétiques que la réflexion doit d'abord porter. Une réflexion est également à mener sur l'homologie des caractères proposée dans le logiciel. Dans une réelle démarche phylogénétique les homologies sont, tout au long de la recherche, posées comme des postulats. Dans le logiciel Phylogène les homologies proposées doivent être accompagnées d'un discours clair sur leur statut scientifique sans quoi l'élève peut penser qu'elles sont effectivement des données factuelles. Or si les ressemblances sont « constatables », l'homologie est le fruit d'une réflexion théorique. L'atelier permettra aux participants une prise en main rapide du logiciel Phylogène, la construction d'un cladogramme à partir de fiches de TP et une réflexion sur l'accompagnement pédagogique nécessaire. Plus généralement, une réflexion sera menée sur l'utilisation de la démarche d'investigation dans l'enseignement des liens de parenté entre les êtres vivants : sa place, sa pertinence, son adaptation à une science historique.

MOTS-CLÉS : enseignement, évolution, phylogénie, démarche d'investigation

KEYWORDS : teaching, evolution, phylogenesis, inquiry-based approach

Atelier 1.2 - Un tableur ! Mais pour quoi faire ?

Marc Boullis

*IREM de Montpellier
Université Montpellier II
CC 040 – Place Eugène Bataillon
34095 Montpellier CEDEX 05
marc.boullis@ac-montpellier.fr*

RÉSUMÉ. Dans cet atelier nous nous poserons globalement la question de l'utilisation du tableur dans la classe de mathématiques au collège ou au lycée. Comment cet outil peut-il permettre d'aborder de nouveaux problèmes mathématiques ? Quels sont alors les apprentissages mathématiques visés ? Quels rôles le tableur va-t-il jouer dans le travail de l'élève et à quels moments de cette recherche ?

En prenant comme support un problème mathématique proposé à des élèves (fin de troisième/classe de seconde), les participants de l'atelier vivront la résolution de ce problème, ce qui permettra de dégager plusieurs facettes de l'utilisation de l'outil informatique. Ainsi, nous pourrons ensuite débattre de l'apport du tableur dans la classe de mathématiques mais également des limites de son utilisation. Plus particulièrement, la mise en place de cet outil dans la classe et dans la progression annuelle sera évoquée. Nous comparerons divers dispositifs, proposés à des élèves de différents niveaux, ayant pour base commune le problème mathématique étudié. Ainsi nous tenterons de dégager les conditions qui permettent une utilisation raisonnable et raisonnée du tableur dans la classe de mathématiques, c'est-à-dire qui permettent aux élèves de faire des mathématiques sans que l'aspect technique de l'outil utilisé occulte le problème proposé.

MOTS-CLÉS : tableur, mathématiques, TICE, formel, intégration

KEYWORDS : spreadsheet, mathematics, ICT, formal, integration

Atelier 2 – DIES et travail collectif ou interdisciplinaire

Jean-Marie Boilevin

IUFM d'Aix-Marseille
Université de Provence, 32 rue Eugène Cas
13248 Marseille CEDEX 04
[*jm.boilevin@aix-mrs.iufm.fr*](mailto:jm.boilevin@aix-mrs.iufm.fr)

L'atelier s'est déroulé en trois temps :

- *une phase de présentation et d'interaction avec les participants pendant une heure : La démarche d'investigation à travers le dispositif collaboratif Graines d'explorateurs ;*
- *une phase de présentation et d'interaction avec les participants pendant une heure : Construction de situations interdisciplinaires mathématiques-SVT : obstacles et pistes de travail ;*
- *une phase de discussion portant sur les deux présentations de l'atelier (1 heure).*

Durant la phase de discussion trois grandes questions ont été abordées :

- *la question des interactions entre le travail collectif de l'enseignant avec un ensemble de partenaires extérieurs à la classe et le travail collectif des élèves dans la classe ;*
- *la question des interactions entre les disciplines scientifiques au service des démarches d'investigation dans la classe ;*
- *la question des différences entre démarches d'investigation suivant les disciplines scientifiques où elles s'inscrivent.*

L'atelier était animé par Luc Trouche (EducTice – INRP).

Introduction

L'atelier était organisé en trois phases de travail. Les deux premières s'appuyaient sur des présentations, la dernière était consacrée à une discussion et des échanges envisagés autour de trois types de questions :

- la question des interactions entre le travail collectif de l'enseignant avec un ensemble de partenaires extérieurs à la classe et le travail collectif des élèves dans la classe ;
- la question des interactions entre les disciplines scientifiques au service des démarches d'investigation dans la classe ;
- la question des différences entre démarches d'investigation suivant les disciplines scientifiques où elles s'inscrivent.

1. Présentation générale

La première partie de l'atelier, présentée par Sabine Lavorel et Florence Tisseyre (cf. résumé de l'atelier 2.1 plus loin), concernait la démarche d'investigation à travers un dispositif collaboratif, en l'occurrence « Graines d'explorateurs », impliquant plusieurs disciplines scolaires et différentes collaborations externes à l'établissement scolaire. La tâche proposée aux participants de l'atelier était de repérer des moments de la démarche d'investigation (au sens institutionnel défini par les instructions officielles françaises) propices à développer des collaborations de type enseignants-partenaires, élèves-partenaires, élèves-élèves (les collaborations de type enseignants-enseignants et enseignants-élèves étant considérées comme implicites). Pour cela, il fallait s'appuyer d'une part, sur l'étude d'un échéancier du projet construit et utilisé par l'enseignante menant le projet, et d'autre part, sur l'analyse de deux extraits de vidéo présentant des moments du dispositif « Graines d'explorateurs ».

La deuxième partie de l'atelier, proposée par Gilles Aldon et Réjane Monod-Ansaldi, (cf. résumé de l'atelier 2.2 plus loin), abordait la construction de situations interdisciplinaires mathématiques-sciences de la vie et de la Terre à l'aide d'un logiciel mesurant le temps de réaction d'un individu face à un stimulus (visuel). Les participants, mis en situation d'investigation, ont été amenés à s'interroger sur les apprentissages disciplinaires envisageables avec cet outil et sur les activités interdisciplinaires potentielles à mener en lien avec la démarche d'investigation.

La dernière partie du travail a permis d'échanger autour de questions envisagées initialement par les animateurs de l'atelier ou bien introduites par les participants.

2. Synthèse des discussions

Le développement de relations entre professeurs et partenaires extérieurs dans le cadre de dispositif collaboratif est soumis à de multiples contraintes, notamment de temps et de possibilités matérielles. De plus, les intervenants externes n'entretiennent pas du tout les mêmes rapports avec les prescriptions scolaires et il faut pouvoir s'adapter à leurs contextes de travail et à leurs propositions d'animations pour construire un dispositif respectant la démarche d'investigation de type institutionnelle et les savoirs en jeu.

La mise en place d'un dispositif de type co-disciplinaire amène à questionner les relations entre les disciplines scolaires et montre parfois les difficultés de positionnement des uns et des autres, souvent parce que les épistémologies des disciplines sont différentes. Cependant, nous avons manqué de temps pour approfondir cette question. Parle-t-on d'épistémologie de la discipline de référence universitaire ou bien évoque-t-on l'épistémologie de la discipline scolaire ?

Les deux présentations de l'atelier ont montré que la question de la perception de la prescription concernant la démarche d'investigation par les enseignants était importante. Par exemple, les participants utilisaient du vocabulaire différent pour évoquer la situation de départ d'une investigation (problème, question, problématique, situation-problème) mais le débat, trop court, n'a pas permis de lever les incertitudes et de construire une référence commune. D'autres participants semblaient très contraints par la prescription et ne souhaitaient parler de démarche d'investigation que si « les sept étapes canoniques » étaient présentes dans la situation d'enseignement, alors que d'autres proposaient de prendre du recul par rapport à cette demande institutionnelle.

En fin d'atelier, des propositions de réponse aux questions abordées ont été faites par certains participants. Ainsi, l'idée de rechercher des compromis dans la mise en œuvre des démarches d'investigation a été largement débattue. Pourquoi vouloir réaliser obligatoirement « les sept étapes » ? Il devrait être possible d'insister sur certains moments avec les élèves en classe. Par exemple, laisser de l'autonomie aux élèves dans la phase de problématisation ou celle de l'élaboration d'hypothèses et contrôler davantage les autres moments.

Recourir à des « problèmes simples » ne nécessitant pas un long développement est une autre possibilité évoquée par certains participants. Mais d'autres ont fait remarquer que toutes les disciplines n'étaient pas sur un même plan d'égalité de ce point de vue. Par exemples, des enseignants de biologie ont insisté sur le fait que les problèmes sont systématiquement complexes dans leur discipline.

La question des différentes contraintes institutionnelles (temps, matériel, programmes d'enseignement, etc.) gênant le développement de l'enseignement des sciences par la démarche d'investigation a amené à rechercher des solutions du côté d'organisations plus souples permettant en particulier de travailler dans la durée. Ainsi, plusieurs dispositifs institutionnels français ont été évoqués tels que les IDD et l'enseignement intégré de science et technologie au collège, les TPE ou les

nouveaux enseignements d'exploration dans le cadre de la réforme des programmes au lycée.

Absent un long moment des débats, l'élève est apparu à partir de la question du sens des apprentissages visés à travers la démarche d'investigation. Les participants ont reconnu que ce type d'enseignement, s'appuyant sur des situations complexes ou sur des problématiques interdisciplinaires pouvait éclaircir cette question primordiale du sens des apprentissages scientifiques visés à l'école. Cependant, il convient de penser les aides à apporter aux élèves pour leur permettre de faire la synthèse des apprentissages, apprentissages d'autant plus compliqués à maîtriser lorsque la co-disciplinarité est en jeu à travers des situations complexes.

Notons finalement que la mise en œuvre d'une démarche d'investigation en classe s'avère complexe. De plus, le recours à des dispositifs de collaborations externes ou internes (co-disciplinarité) est difficile à contrôler. Il n'est donc pas étonnant de constater que vouloir construire et mettre en œuvre des dispositifs développant en même temps les démarches d'investigation et le travail collaboratif ou interdisciplinaire soit un phénomène très délicat à gérer.

Atelier 2.1 - La démarche d'investigation à travers le dispositif collaboratif Graines d'explorateurs

Sabine Lavorel, Florence Tisseyre

INRP - Equipe ACCES

19 allée de Fontenay

69 007 LYON

[*sabine.lavorel@inrp.fr*](mailto:sabine.lavorel@inrp.fr)

[*flotis2001@gmail.com*](mailto:flotis2001@gmail.com)

RÉSUMÉ. Graines d'Explorateurs (GE) est un dispositif d'expérimentation destiné à des professeurs qui souhaitent faire découvrir à leurs élèves de collège et de lycée la biodiversité de leur environnement proche. Conçu par l'équipe ACCES à l'INRP, GE fournit durant une année scolaire, un espace de ressources et d'accompagnement aux classes ainsi que des formations aux enseignants pour organiser une expédition scientifique sur la biodiversité. Le partenariat entre acteurs de la recherche, de l'éducation, des associations et des collectivités territoriales est au cœur du projet. Reprenant les étapes de la démarche d'investigation Graines d'Explorateurs est un dispositif qui se prête particulièrement bien à sa mise en œuvre et stimule la collaboration entre élèves, enseignants et partenaires extérieurs.

L'atelier a pour objectif de repérer, à travers un exemple de projet GE, les étapes de l'investigation propices à la collaboration et d'explorer les modalités de sa mise en œuvre. Dans un premier temps, les participants analyseront différentes productions (vidéo du congrès des élèves, échéancier du projet...) afin de rechercher comment l'enseignant s'est approprié la démarche d'investigation. Dans un second temps, des séquences vidéo de terrain permettront d'aborder l'importance de la collaboration entre enseignants et partenaires extérieurs, et de réfléchir sur ses objectifs et son organisation.

MOTS-CLÉS : collaboration, partenaires, biodiversité, accompagnement, expédition scientifique

KEYWORDS : collaboration, partners, biodiversity, support, scientific expedition

Atelier 2.2 - Construction de situations interdisciplinaires mathématiques-SVT : obstacles et pistes de travail

Gilles Aldon^{*}, Réjane Monod-Ansaldi^{}**

**Equipe EducTice*

***Equipe ACCES*

INRP

19 allée de Fontenay

69 007 LYON

[*gilles.aldon@inrp.fr*](mailto:gilles.aldon@inrp.fr)

[*rejane.monod-ansaldi@inrp.fr*](mailto:rejane.monod-ansaldi@inrp.fr)

RÉSUMÉ. La construction de situations d'investigation en sciences conduit souvent à poser des questions relevant de différentes disciplines. Dans ce cas, la collaboration entre enseignants nécessite un travail préalable d'explicitation et de compréhension des différents points de vue disciplinaires. Cet atelier explorera cette phase du travail collectif des enseignants.

À partir d'un logiciel de mesure du temps de réaction à un stimulus visuel, des situations d'investigation ont été construites indépendamment en SVT (ACCES) et en mathématiques (EducTice) avec des objectifs différents : comparaison de données obtenues dans des conditions expérimentales différentes et description de données utilisant les outils de la statistique. L'atelier élargira ce point de vue à toutes les disciplines scientifiques et technologiques. Les participants de l'atelier initieront un travail interdisciplinaire sur le thème de la mesure de temps de réactions, en identifiant les apprentissages disciplinaires qu'ils associent à ce type de mesure, et en formulant leurs questions et leurs attentes envers les autres disciplines. Un temps d'échange permettra d'explorer des pistes pour la construction de situations d'investigation interdisciplinaires sur ce thème. L'articulation entre les disciplines, les problèmes de scénario commun et les obstacles éventuels seront explorés. L'étude de cet exemple permettra de se questionner sur les intérêts et les obstacles d'un travail collectif entre enseignants de disciplines différentes.

MOTS-CLÉS : travail collectif, interdisciplinarité, TICE, mesures, statistique, fonctionnement du système nerveux

KEYWORDS : collective work, interdisciplinarity, ICT, measure, statistics, nervous system functioning

Atelier 3 – DIES et situations d'apprentissage

Jean-Luc Dorier

*Equipe DiMaGe
Université de Genève – Uni Mail
40, Boulevard du Pont d'Arve
1211 Genève 4
Suisse
Jean-Luc.Dorier@unige.ch*

L'atelier s'est déroulé en trois temps :

- *une phase de présentation et d'interaction avec les participants (1 heure) : « Démarche expérimentale en classe de mathématiques : mise en œuvre au moyen des Situations de Recherche en Classe » ;*
- *une phase de présentation et d'interaction avec les participants (1 heure) : « Conception d'une situation d'apprentissage ludique : quels éléments prendre en compte ? » ;*
- *une phase de discussion portant sur les deux présentations de l'atelier pendant une heure.*

Durant la phase de discussion trois grandes questions ont été abordées :

- *Comment penser les questions de dévolution et plus largement d'interaction des élèves avec le milieu dans les situations d'apprentissage de type démarche d'investigation ?*
- *Quelles doivent être les caractéristiques d'une situation d'apprentissage pour qu'elle soit une « bonne » situation de démarche d'investigation ?*
- *Quels peuvent être les apprentissages visés dans une situation d'apprentissage de type démarche d'investigation ? Ces situations restent-elles en marge ou peuvent-elle former le cœur d'un curriculum scolaire ?*

L'atelier était animé par Valérie Emin (EducTice – INRP).

Cet atelier s'est déroulé en trois temps, d'une heure chacun environ.

Dans la première heure, Michèle Gandit et Simon Modeste (cf. résumé de l'atelier 3.1 plus loin), nous ont présenté leur travail « Démarche expérimentale en classe de mathématiques : mise en œuvre au moyen des Situations de Recherche en Classe ». Lors de la deuxième heure, c'est l'équipe constituée de Eric Sanchez, Ludovic Delorme et Caroline Jouneau-Sion (cf. résumé de l'atelier 3.2 plus loin), qui a présenté l'activité « Conception d'une situation d'apprentissage ludique : quels éléments prendre en compte ? »

Suite à quelques questions d'éclaircissement sur chaque exposé, nous avons débattu autour des trois questions suivantes :

- Comment penser les questions de dévolution et plus largement d'interaction des élèves avec le milieu dans les situations d'apprentissage de type démarche d'investigation ?
- Quelles doivent être les caractéristiques d'une situation d'apprentissage pour qu'elle soit une « bonne » situation de démarche d'investigation ?
- La démarche d'investigation peut-elle permettre tous les apprentissages, aussi bien disciplinaires que transversaux ?

En fait, il est apparu une discussion sur ce qu'était un jeu et son intérêt pour une situation de type DIES. Les participants étaient d'accord pour dire que dans le cas de la situation de recherche du premier exposé on avait une situation de jeu, puisqu'il fallait placer des pièces sur un rectangle en respectant certaines règles et trouver le maximum. Il en ressort des caractéristiques précises bien énoncées dans le cadre du travail de l'équipe *Maths à modeler*. Dans le cadre du deuxième exposé, la notion de jeu est apparue plus problématique. Il s'agissait en fait d'un jeu de rôle, ce qui faisait le caractère d'investigation tenait à la question très ouverte.

Dans le deuxième cas, la question de la dévolution semble très importante, puisque au-delà du jeu de rôle, ce qui est visé en termes de connaissances, relevant ici du domaine des SVT n'est pas clair au début. De fait le milieu doit subir des aménagements de la part des enseignants impliqués, comme les interviews de protagonistes de l'histoire qui se font non seulement en fonction de ce que les élèves ont produit mais aussi de ce qui peut être visé. Un contrat de type nouveau doit être négocié avec les élèves, et des changements et adaptations locaux doivent être opérés. Le fort investissement de l'enseignant impliqué confère à ce travail un caractère expérimental, dont il semble difficile de tirer des généralités pour un transfert à moindre coût avec des enseignants « ordinaires ».

Les situations de recherches analysées dans le premier atelier ont fait l'objet de plusieurs travaux, ils ont donné lieu à plusieurs expérimentations selon un déroulement bien répertorié. Ici aussi un investissement important est à faire par l'intervention d'un chercheur dans la classe et l'organisation d'un colloque. Le travail de dévolution est aussi important dans la mesure où les élèves doivent se concentrer sur la preuve et ses ressorts puisque ce sont des connaissances transversales qui sont visées.

Finalement les deux situations bien que différentes ont en commun de proposer aux élèves des conditions inhabituelles, qui semblent favorables à une démarche d'investigation. En termes de dévolution, si les deux sont assez demandeuses, la seconde est néanmoins beaucoup plus coûteuse car les objectifs sont très vastes. Enfin, les deux types d'activité permettent de travailler des connaissances transversales et un peu en marge des programmes. On s'est ainsi demandé comment on pourrait les « vendre » à des enseignants « ordinaires ».

Atelier 3.1 - Démarche expérimentale en classe de mathématiques : mise en œuvre au moyen des situations de recherche en classe

Michèle Gandit^{*,**}, Simon Modeste^{**}

^{*} IUFM, Université Grenoble I

^{**} Maths à modeler (Institut Fourier)

Université Joseph Fourier, Grenoble

michele.gandit@ujf-grenoble.fr

RÉSUMÉ. La démarche expérimentale en classe de mathématiques recouvre le comportement intellectuel et les actions (visibles de l'extérieur) de l'élève en activité mathématique. Elle est le résultat de la transposition à la classe de la pratique du professionnel des mathématiques. Les situations de recherche pour la classe (SRC) donnent aux élèves un moyen de pratiquer cette démarche et de comprendre la nature profonde de l'activité mathématique. Une de leurs caractéristiques réside dans le fait que les connaissances nécessaires pour les aborder sont élémentaires, ce que nous considérons comme essentiel pour que l'élève puisse acquérir les savoirs transversaux en jeu (dont la preuve). Pour qu'elles puissent vivre en classe, les SRC nécessitent une rupture avec le contrat usuel, passant par un changement de posture de l'enseignant et la dévolution à la classe d'une responsabilité scientifique. Au travers des SRC, il s'agit bien de résoudre de vrais problèmes mathématiques. Ces problèmes mettent en jeu des savoirs transversaux, propres à la pratique du mathématicien. Nous entraînerons les participants à l'atelier dans la recherche d'une telle situation, dont nous présenterons les caractéristiques. On peut dire qu'une SRC s'inspire d'un jeu ou d'un casse-tête mathématique, facile à comprendre, qu'elle est proche d'un problème de recherche actuellement travaillé par les mathématiciens, tout en ne nécessitant que des connaissances mathématiques élémentaires pour entrer dans le problème. Dans le premier quart du temps dévolu à cet atelier, nous proposerons une caractérisation des SRC et différentes modalités d'utilisation avec les élèves. Puis les participants à l'atelier seront mis en situation de recherche. Enfin, nous mettrons en avant les savoirs en jeu dans cette SRC. Nous expliciterons la rupture nécessaire avec le contrat didactique usuel, si une telle situation est mise en œuvre dans une classe, ainsi que le rôle de l'enseignant.

MOTS-CLÉS : démarche expérimentale en classe de mathématiques, activité mathématique, situation de recherche en classe, savoirs transversaux

KEYWORDS : experimental approach in math class, mathematical activity, research situation in class, cross-disciplinary knowledge

Atelier 3.2 - Conception d'une situation d'apprentissage ludique : quels éléments prendre en compte ?

Eric Sanchez^{*,}, Ludovic Delorme^{*}, Caroline Jouneau-Sion^{*}**

** Equipe EducTice – INRP (France)*

19, Allée de Fontenay

69007 Lyon

eric.sanchez@inrp.fr

ludovic.delorme@ac-montpellier.fr

cjouneau@clionautes.org

*** Université de Sherbrooke, QC (Canada)*

Faculté d'éducation

Sherbrooke, QC, J1K2R1, Canada

RÉSUMÉ. Le projet Jeu & Apprentissage a permis d'identifier un certain nombre d'éléments à prendre en compte pour concevoir une situation d'apprentissage ludique qui permette aux élèves de s'engager et de conduire, de manière autonome, leurs propres investigations. Principalement fondé sur la théorie des situations et sur des travaux antérieurs portant sur la conception de jeux, ce travail a conduit à la réalisation d'un guide de conception qui est disponible en ligne sur le site de l'équipe EducTice. Ainsi, c'est une réflexion sur la conception de situations d'apprentissage ludiques que nous proposerons lors de cet atelier.

Les participants seront amenés à s'interroger sur les facteurs qui permettent l'engagement des élèves, entretiennent leur motivation, favorisent leur autonomie et soutiennent leurs apprentissages. L'atelier prendra la forme d'un jeu de piste conçu en réalité augmentée suivi d'un focus groupe qui permettra un retour réflexif sur la situation vécue. Le nombre de participants sera limité.

MOTS-CLÉS : jeu sérieux, guide de conception, réalité augmentée, MITAR, géomatique

KEYWORDS : serious game, design guideline, augmented reality, MITAR, geotechnologies

Atelier 4 – DIES du point de vue des enseignants

Eric Triquet

LEPS-LIRDHIST

Université Claude Bernard Lyon 1

43, Boulevard du 11 Novembre 1918

69622 Villeurbanne CEDEX

eric.triquet@ujf-grenoble.fr

L'atelier s'est déroulé en trois temps :

- *une phase de présentation et d'interaction avec les participants (1 heure) : « Le Cahier d'Activités Scientifiques et Technologiques (CAST) » ;*
- *une phase de présentation et d'interaction avec les participants (1 heure) : « Démarches d'investigation et logiciels en mathématiques : un parcours de formation continue Pairform@nce » ;*
- *une phase de discussion portant sur les deux présentations de l'atelier pendant une heure.*

Durant la phase de discussion trois grandes questions ont été abordées :

- *la question de l'appropriation (modalités, conditions) par les enseignants des ressources type « séquences d'enseignement » mises à la disposition des enseignants dans les dispositifs proposés ;*
- *la question de l'accompagnement de l'enseignant pour la mise en place des démarches d'investigation via ces ressources ;*
- *la question des effets produits en termes de réinvestissement sur les pratiques et de mutualisation entre enseignants.*

L'atelier était animé par Françoise Morel-Deville (ACCES – INRP).

Introduction

Le thème retenu pour l'atelier se situe au confluent de deux questionnements :

- Comment soutenir l'implémentation en classe de démarches d'investigation via des dispositifs collaboratifs de formation continue ?
- Comment s'articule dans ce cadre le travail collectif enseignant et le développement professionnel des professeurs ?

Le rapprochement de ces deux types de questionnements a semblé pertinent, dans la mesure où le travail collectif enseignant apparaît comme susceptible d'engendrer des évolutions de pratiques, et donc de permettre l'implémentation de ces démarches qui peinent à trouver leur place dans les classes en dépit des incitations institutionnelles. Ce thème de recherche est encore émergent et pose d'autres questions :

- Quelles perspectives théoriques, associées à quelles méthodologies, permettent de comprendre et d'analyser le travail collectif enseignant et ses conséquences en termes de développement professionnel, particulièrement tourné vers les démarches d'investigation ? Comment saisir, en particulier, les articulations entre individuel et collectif ?

- Comment accompagner ce travail, dans une perspective de formation continue en lien avec la mise en place des démarches d'investigation ? Quelles ressources, quels dispositifs ? En particulier, quels apports possibles des outils numériques pour le travail en réseau ?

L'atelier s'est déroulé en trois temps d'une heure chacun : deux temps de présentation (Frédéric Kapala puis Ghislaine Gueudet) prolongés par un temps de discussion entre les participants à l'atelier.

1. Présentation 1 : Le CAST (Cahier d'Activités Scientifiques et Technologiques)

La première contribution est présentée par Frédéric Kapala (cf. résumé de l'atelier 4.1 plus loin) concerne le dispositif CAST (Cahier d'Activités Scientifiques et Technologiques).

Le cahier se présente sous forme de 69 fiches vierges (à renseigner) sur différents thèmes : questions, hypothèses, propositions d'expériences, organisation des résultats. Les participants ont pu prendre connaissance de ces fiches via le site internet de Frédéric Kapala.

Ce dispositif est utilisé en formation initiale et continue. Sa structure est ouverte, modulable et modifiable par les enseignants qui sont invités à le prendre en charge au niveau de l'élaboration de séquences d'enseignement. Aucun ordre n'est imposé pour la rédaction et l'utilisation des fiches.

La réflexion collective menée en formation et lors de l'atelier porte sur la nature et le type de traces écrites à produire au cours et à l'issue des activités de sciences, en vue de permettre un certain degré de réflexivité pour les élèves. Le fait d'envisager le pilotage de la séquence par la trace que l'enseignant envisage de faire produire aux élèves est présenté comme un point fort. Frédéric Kapala souligne que l'intérêt ici est de pousser à l'identification par les formés de moments d'enseignement de différentes natures (pédagogiques, scientifiques, langagiers...), lesquels restituent l'intention didactique de la démarche d'enseignement choisie.

Par ailleurs, dans la logique d'une démarche structurée par des phases telles que définies par les documents d'accompagnement des programmes de l'école primaire de 2002 (« canevas d'une séquence ») pour les démarches d'investigation, un outil tel que le CAST contribue à explorer la diversité des mises en œuvres possibles de ce canevas.

Néanmoins Frédéric Kapala concède que c'est sur le moyen terme que l'utilisation du dispositif gagne en efficacité. L'accompagnement nécessaire à son appropriation par les formateurs est apparu essentiel : il garantit l'articulation « théorie-pratique » et par là évite que le dispositif ne serve à renforcer certaines conceptions prégnantes et non souhaitées au sujet des démarches d'enseignement en sciences.

2. Présentation 2 : Démarches d'investigation en mathématiques au collège avec des logiciels : conception d'un parcours Pairform@nce

Le deuxième temps de l'atelier a été consacré à la présentation d'un autre dispositif de formation, le dispositif Pairform@nce par Ghislaine Gueudet (cf. résumé de l'atelier 4.2 plus loin), pour lequel plusieurs équipes d'établissement participent à un travail à distance soutenu par un objectif de travail commun. Deux idées fortes guident ce travail :

- la conception collaborative de séquences, mutualisées et discutées ;
- la mise à disposition par les formateurs de ressources pour accompagner la conception de séquences.

La vocation de ces ressources est de guider le travail enseignant, sans le contraindre. Dans le cadre du projet INRP associé à ce programme, un parcours de formation continue sur le thème des démarches d'investigation en mathématiques via le recours à différents logiciels a été conçu pour le niveau collège, et partiellement testé ; il a été présenté aux participants de l'atelier.

Le dispositif comprend un ensemble de fiches mises en ligne sur l'espace collaboratif qui constitue un support pour un travail de production de séquence d'enseignement : il permet aux équipes de formés de décrire précisément le déroulement de leur proposition, en soulignant plus particulièrement les choix spécifiques à la mise en place d'une démarche expérimentale.

En plus de ces fiches-cadres, les ressources importantes sont les exemples de séquences. Il ne s'agit pas d'exemples de « bonnes pratiques », mais d'exemples qui visent avant tout à susciter la discussion dans chaque groupe des stagiaires. En plus de questions communes à toutes les disciplines (comment intégrer l'investigation dans la progression normale, sans perte de temps ?), se pose, en mathématiques, la question du lien entre investigation et démonstration.

Sur ce thème des DI, le contrat didactique retenu est un contrat qui accorde à l'élève des responsabilités importantes, dans lequel l'enseignant s'appuie sur le travail des élèves pour faire avancer le savoir. Cet aspect est au cœur des formations mises en place, l'objectif visé de façon prioritaire étant la progression des stagiaires sur le plan de la mise en activité des élèves. Il est apparu qu'au travers de la formation les stagiaires progressent dans ce domaine, même s'il a été noté que les séances proposées par les stagiaires demeuraient encore relativement « guidantes ».

3. Discussion et échanges

Lors du troisième temps une discussion a été menée entre les participants. Trois grandes questions devaient orienter les débats :

- la question de l'appropriation (modalités, conditions) par les enseignants des ressources type « séquences d'enseignement » mises à leur disposition ;
- la question de l'accompagnement de l'enseignant pour la mise en place des démarches d'investigation via ces ressources ;
- la question des effets produits en termes de réinvestissement sur les pratiques et de mutualisation entre enseignants.

Si la discussion a été d'une grande richesse, ces questions n'ont pu faire l'objet d'un traitement spécifique. Nous restituons ici les principaux éléments qui se sont dégagés des nombreux échanges.

En premier lieu, il a été noté que le point commun des deux dispositifs est de proposer des outils pour accompagner la conception de démarches d'investigation dans les classes et non pour imposer un cadre pré-formaté de celles-ci. Un autre point positif a été relevé par les participants : le fait que ces dispositifs de formation impliquent des collègues de différentes origines - formateurs, conseillers pédagogiques, inspecteurs - nourris par des expériences différentes.

En outre, il est apparu que la mise en ligne de ces outils constituait un atout indéniable dès lors que l'on ne dispose plus d'un temps long pour la formation continue des enseignants. Certains ont néanmoins souligné que ce recours aux espaces numériques pose cependant le problème de la reconnaissance du travail des formateurs, au plan financier notamment.

La réserve initiale de certains participants concernant un risque d'uniformisation des productions enseignantes du fait du cadre commun imposé a peu à peu été levée. Il est apparu qu'une individualisation des outils est possible, dans la mesure où il y a

manifestement appropriation du cadre commun proposé par les fiches, puis aménagement, évolution et transformation des propositions via le travail d'échanges et de discussion entre les formés.

Néanmoins les participants à l'atelier ont pointé la difficulté rencontrée par les deux dispositifs à faire passer des éléments issus de la recherche en éducation (bibliographie non consultée quand elle est proposée), et donc à construire un « background », une « toile de fond » épistémologique et didactique, ici notamment sur le statut de la trace écrite ou sur le rôle de l'expérimental.

La conclusion est qu'il importe avant tout, au niveau de tels dispositifs, de mettre en ligne des ressources non seulement pour mettre en œuvre les démarches investigation, mais également pour penser ces démarches.

Atelier 4.1 - Le cahier d'activités scientifiques et technologiques (CAST)

Frédéric Kapala

LEPS-LIRDHIST

Université Claude Bernard Lyon 1

43, Boulevard du 11 Novembre 1918

69622 Villeurbanne CEDEX

frederic.kapala@gmail.com

RÉSUMÉ. Le CAST, dispositif ouvert et modulable, est constitué de fiches qui permettent d'anticiper différents moments de production de traces au sein de la classe au cours des activités relevant des sciences et de la technologie à l'école primaire. Il permet de décomposer une démarche d'enseignement en « temps » didactiques (scientifiques, pédagogiques, langagiers). C'est un dispositif d'ingénierie didactique dédié à la recherche et à la formation. Une analyse de son appropriation par les enseignants permet d'identifier les références (et notamment le rôle et la place des conceptions sur les démarches scientifiques et de leurs vertus didactiques) convoquées pour piloter une séquence d'enseignement particulière. En tant que ressource, l'appropriation du dispositif par l'enseignant participe de la conceptualisation et de la caractérisation de ses démarches d'enseignement déclarées. La possibilité de décrire, par projection des traces à produire, une démarche d'investigation comme articulation de temps renvoyant à différentes dimensions (pédagogiques, scientifiques, cognitives, langagières...) permet de mieux définir le cadre théorique didactique, individuel et situé, dans lequel les démarches d'investigations se déploient en regard des conceptions que les enseignants ont du cadre théorique dans lequel les pratiques de référence se déploient. Cette ressource, dans une approche axiologique et curriculaire, prétend contribuer à une formation des enseignants par la réflexivité en permettant la construction de ce qui nous apparaît être des compétences professionnelles souhaitables. L'objectif de l'atelier est de présenter cette ressource et de soumettre ses potentialités à la discussion.

MISE EN OEUVRE DE L'ATELIER. Le premier temps de l'atelier consiste en une découverte et une appropriation du dispositif. Une projection d'utilisation par les participants en regard de leur expérience professionnelle sera amorcée. Dans un deuxième temps, on conduira une analyse collective d'un corpus (réponses à des questions posées sur ce dispositif dans le cadre d'une recherche – mémoire de master) en regard des réactions spontanées des participants à ce dispositif. Enfin, dans un troisième et dernier temps, on discutera des potentialités de cette ressource.

MOTS-CLÉS : enseignement des sciences, traces, démarches, ergonomie, ressource, formation

KEYWORDS : science teaching, tracks, approaches, ergonomics, support, training

Atelier 4.2 - Démarches d'investigation et logiciels en mathématiques : un parcours de formation continue Pairform@nce

Ghislaine Gueudet

IREM de Rennes et CREAD, IUFM Bretagne UBO

153, rue Saint Malo 35043 RENNES CEDEX

ghislaine.gueudet@bretagne.iufm.fr

RÉSUMÉ. Le programme national Pairform@nce est un programme de formation continue visant l'intégration des TICE à tous les niveaux scolaires et pour toutes les disciplines. Le projet INRP-Pairform@nce associé à ce programme est un projet de recherche et de conception de parcours de formation continue. Dans ce cadre, et en lien avec le projet S-TEAM consacré aux méthodes innovantes de formation des professeurs aux démarches d'investigation, nous avons conçu, et partiellement testé, un parcours de formation continue au sujet des démarches d'investigation en mathématiques (DIEM) avec des logiciels, pour le niveau collège. Le développement des démarches d'investigation, avec des logiciels, représente un double changement de pratique pour l'enseignant. La conception collaborative de séquences de classe apparaît comme un levier permettant un tel changement. Le parcours Pairform@nce « démarches d'investigation en mathématiques au collège avec des logiciels » repose sur ce principe de conception collaborative de séquences de classe par des équipes de stagiaires, accompagnées par les formateurs. Dans cet atelier, nous inviterons les participants à visiter ce parcours : la structure de la formation proposée, avec en particulier l'alternance présence-distance, et les principales ressources du parcours. Ces ressources peuvent être des exemples de séquences, choisies comme support au débat avec le groupe de stagiaires, mais aussi des ressources méthodologiques, comme une grille d'observation de séance. Les participants découvriront la plateforme et ses différents rôles, pour les stagiaires comme pour les formateurs qui mettraient en œuvre le parcours. Au-delà des éléments communs à tous les parcours Pairform@nce, nous inviterons les participants à une réflexion sur les nécessités spécifiques d'un parcours consacré aux démarches d'investigation.

MOTS-CLÉS : collectifs, communautés de pratique, formation continue, formation hybride, démarches d'investigation en mathématiques, parcours de formation, plateforme, ressources en ligne

KEYWORDS : collectives, communities of practice, in-service training, blended training, inquiry-based mathematics teaching, training path, platform, online resources

Conclusion et perspectives

Les Journées DIES : bilan et questions ouvertes

Michela Maschietto

*Dipartimento di Matematica
Università di Modena e Reggio Emilia
via Campi 213, 41125 Modena
Italie
michela.maschietto@unimore.it*

RÉSUMÉ. Cette contribution présente un bilan des Journées DIES. Elle met en évidence des points considérés comme pertinents pour le travail sur les démarches d'investigation dans diverses disciplines en s'appuyant sur les discussions et les présentations qui ont été faites pendant les Journées.

MOTS-CLÉS : Apprentissage, bilan, démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences, enseignant

ABSTRACT. This contribution presents a summary of the symposium on IBSE (Inquiry-Based Science Education). It highlights issues considered relevant to the work on inquiry-based approaches in various subject matters, based on discussions and presentations held during the symposium.

KEYWORDS : Learning, summary, inquiry-based science education, teacher

Introduction

La préparation de la conférence de clôture des Journées DIES « Démarches d'investigation pour l'enseignement des sciences » a représenté un défi pour moi, compte tenu de l'importance de ce thème dans l'éducation scientifique. Dans cette contribution, je rapporte des éléments qui ont retenu mon attention durant les présentations et les discussions pendant ces Journées et dans les actes, en les croisant avec le document de présentation des journées scientifiques DIES¹. J'ai aussi pris en considération mon expérience personnelle de recherche sur le *laboratoire de mathématiques*, dispositif d'apprentissage impliquant des machines (Maschietto & Trouche, 2010) et de formation des enseignants sur ce thème (Maschietto, 2010). Certaines réflexions présentées dans le texte sont issues de ce travail (extraits des journaux de bord d'enseignants travaillant avec le laboratoire de mathématiques-MMLab).

L'article se compose de trois parties : une première partie apporte des considérations de caractère général sur les DIES, une deuxième partie où l'attention est portée sur l'enseignant et son rapport aux DIES et, enfin, une troisième partie proposant des éléments réputés importants dans la mise en œuvre des DIES.

1. Considérations générales

1.1. Démarche d'investigation, démarche expérimentale...

Sur la base des contributions et des discussions, j'avance des remarques concernant les termes utilisés et la définition des termes employés.

Le titre des Journées contient le mot-clé « démarches d'investigation » (abrégé DI), mais d'autres termes apparaissent dans les discours, comme « démarche expérimentale » (abrégé DE) et « démarche scientifique » (abrégé DS). Dans la plupart des cas, ces termes ont été utilisés sans en préciser les définitions ou les références. La présence de divers termes se reflète aussi dans les articles de ces *Actes*. Chez des auteurs, on lit par exemple qu'il faut « *favoriser la mise en place de démarches expérimentales en mathématiques* » (Aldon, p. 47). D'autres auteurs se réfèrent à la DS, mettant en place des dispositifs qui « *permettent de développer la démarche scientifique en tant que méthode de validation des connaissances et comme processus cyclique* » (Lombard, p. 146). La variabilité d'usage des termes a un double aspect. D'une part, elle porte à questionner les diverses utilisations de ces termes et le fait que, dans le cas de certaines disciplines, ils pourraient être

¹ Elles concernaient « les enseignants et les démarches d'investigation », « les ressources et les dispositifs favorisant ou appuyant les démarches d'investigation » et « les démarches d'investigation et le développement du travail collectif des enseignants ».

considérés comme synonymes, tandis que dans d'autres cas, ils semblent conserver des différences essentielles. D'autre part, la disponibilité de termes différents peut être source d'ambiguïté, comme Marzin (p. 167) le souligne : « *Les enseignants ont du mal à s'affranchir de la démarche expérimentale qui n'est pas toujours possible, et, souvent, sont associées démarche d'investigation et démarche expérimentale* ».

Au niveau de l'utilisation du terme DI, diverses acceptions peuvent être répertoriées. Par exemple, certains auteurs dans leur travail sur les sciences considèrent la DI comme « *un processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences réalisées, de distinction entre les alternatives possibles, de recherche d'informations, de construction de modèles, de débat avec ses pairs et de formulation d'arguments cohérents* » (définition donnée par Linn *et al.*, 2004, citée par Monod *et al.*, p. 89 ; adoptée aussi par Hammoud *et al.*, p. 69) ; dans d'autres cas, la DI « *comprend un ensemble de tâches qui consistent dans la mise en tension de résultats issus de travaux empiriques avec les éléments théoriques constitutifs des modèles scientifiques de référence* » (Sanchez & Jouneau-Sion, p. 109). Dans sa conférence, Gueudet² définit la DI comme une « *forme de contrat didactique dans laquelle l'élève exerce une responsabilité importante vis-à-vis du savoir en jeu... le professeur s'appuie sur les productions des élèves pour faire avancer le savoir dans la classe* », où l'attention est portée sur le travail de l'élève (lié aussi à la question de son autonomie) et sur l'action de l'enseignant (cela entraîne aussi l'analyse des milieux, de leur structuration et de leur enrichissement par les productions des élèves). Ces diverses acceptions constituent un miroir des diverses représentations de DI, comme cela a été discuté dans la table ronde (« *perception que la DI a des sens divers selon les disciplines* »). On peut alors se demander si l'expression correcte est « *la DI* » ou « *les DI* » et quelles sont les spécificités de chaque discipline, ce que les Journées ont effectivement contribué à questionner. D'autre part, il me semble important de mettre en relief les éléments communs pouvant caractériser une DI. Par exemple, un de ces éléments, noyau de la DI, est la présence d'une question à traiter ou d'un problème à résoudre, pour « *proposer des tâches plus ouvertes et moins guidées au sein desquelles l'expérimentation occupe une place prépondérante* » (de Hosson *et al.*, p. 20).

Si l'on considère les programmes italiens³ pour l'école primaire et le collège (trois ans après l'école primaire), on y trouve un mot-clé différent par rapport aux programmes français : le terme « laboratoire ». Dans ces documents, on lit : « *L'élément fondamental est le laboratoire, comme lieu physique (salle de classe, ou autre) et comme moment où l'élève est actif, formule ses propres hypothèses et en contrôle les conséquences, fait des projets et des expériences, discute et argumente ses choix, apprend à recueillir des données et à les comparer avec les*

² http://eductice.inrp.fr/EducTice/ressources/journees-scientifiques/journees-2010/DIES_Pres3-Gueudet, diaporama n.4

³ Ministero della Pubblica Istruzione (2007), *Indicazioni per il curricolo*. www.indire.it/indicazioni/show_attach.php?id_cnt=4709

hypothèses formulées, négocie et construit de la signification. [...] L'enseignant sera attentif à proposer des activités pratiques et expérimentales et des observations sur le terrain, en les insérant dans des parcours de connaissances. [...] Les composantes nécessaires de cette approche commune sont de poser et de résoudre des problèmes, d'utiliser les sensations et la perception, la capacité de construire des récits et des interprétations et de développer des argumentations, de préciser le langage naturel » (p. 91-92 ; traduction par l'auteur). En comparant les acceptions de la DI avec cette description, on peut faire ressortir des éléments en commun, sur lesquels il est possible d'initier un échange.

1.2. Points de vue sur la DI

La richesse des contributions aux Journées met en évidence que la DI est étudiée de plusieurs points de vue (cf. Fig. 1), comme Calmettes l'avait anticipé dans sa conférence⁴. En effet, il y a le regard des chercheurs et des formateurs sur la DI, mais aussi celui des institutions scolaires (la conférence de Rojat en était un exemple, p. 159). Il y a en outre le point de vue des enseignants sur le terrain, lesquels parfois joignent leur regard à celui des chercheurs quand ils collaborent avec ceux-ci (dans cet esprit, il a eu des communications conjointes, ce qui montre l'intérêt d'une co-élaboration de séances, entre enseignants et chercheurs).

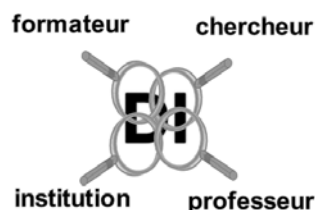


Figure 1. Les regards sur la DI

1.3. DI entre recherche et enseignement

Quelques interventions ont questionné la nature même de la DI, en portant l'attention sur la question de la scientificité. Calmettes (p. 10), par exemple, met en évidence un certain décalage entre la DI pour les chercheurs et la DI dans l'enseignement. Deux points me semblent essentiels à ce propos. Le premier point concerne le temps de la DI dans la recherche scientifique et dans l'enseignement. Dans l'enseignement, la DI amène forcément une structuration du temps, ce qui n'est pas le cas dans la recherche. Le deuxième point concerne le savoir en jeu : la DI dans l'enseignement semble nécessiter l'explicitation des objectifs et des savoirs visés, tandis que dans la recherche « *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*

⁴ http://eductice.inrp.fr/EducTice/ressources/journees-scientifiques/journees-2010/DIES_Pres1-Calmettes

inventer » (Calmettes, p. 10). Cariou aussi renforce l'analyse de ce décalage, qu'il considère « *irréductible* » (p. 58). Ce décalage pose d'une manière importante la question de la transposition de pratiques des chercheurs dans l'enseignement. Cela est présent, par exemple, dans le choix des problèmes de recherche en mathématiques où on veut « *mettre l'élève dans une position permettant sous certains aspects la reproduction de la position de chercheur* » (Aldon, p. 47). Avec une autre nuance, Kapala (p. 78) pose aussi la question : « *Une démarche d'investigation est-elle une démarche d'enseignement des sciences spécifique ou bien la transposition (à expliciter) au milieu scolaire de pratiques scientifiques (aux vertus didactiques à justifier) ou bien encore d'une démarche pédagogique générale indépendante des contenus ?* ».

2. Les enseignants et les démarches d'investigation

2.1. Difficultés sous-jacentes à la mise en œuvre de la DI

Les difficultés liées à l'implémentation de la DI semblent dépendre de deux types de facteurs : facteurs d'organisation et facteurs relatifs à la gestion d'une nouvelle pratique didactique et des processus qu'elle vise à solliciter. Dans les facteurs d'organisation, on peut noter la gestion du temps par rapport aux diverses phases d'une DI, ce qui amène souvent les enseignants à 'aller trop vite', au détriment des apprentissages. Dans ces facteurs on peut aussi intégrer les demandes institutionnelles qui peuvent être la cause des difficultés à mettre en place des approches interdisciplinaires. Le deuxième type de facteurs, relatifs à la gestion d'une nouvelle pratique didactique et des processus qu'elle vise à solliciter, concerne l'engagement des enseignants, qui ont du mal à se mettre dans une situation qu'ils ne connaissent pas bien et qu'ils ne contrôlent pas complètement et la gestion des processus d'apprentissage des élèves et des moments collectifs : « *mise en place dans la classe, la démarche d'investigation, telle qu'elle est décrite, entraîne de nombreuses incertitudes pour les enseignants* » (de Hosson et al., p. 27) ; « *Dans la rédaction du texte commun et dans la gestion des moments collectifs j'ai du être attentive à ne pas m'imposer sur les élèves en les laissant libres de s'exprimer, mais continuer toujours à les guider vers les conclusions* » (Extrait d'un journal de bord d'enseignant, MMLab). L'analyse de la mise en place et du développement de DI en termes de conditions et contraintes (Bosch, 2010) pourrait fournir d'autres éléments pour mettre en évidence et comprendre certaines difficultés. D'un autre point de vue, la complexité de l'implémentation d'une DI semble favoriser le travail collaboratif des enseignants étudié par diverses recherches.

2.2. Représentations des enseignants, compétences, formation et travail collectif

Même si les représentations des enseignants étaient questionnées dans le document de présentation des Journées, ce sont surtout des pratiques des

enseignants qui ont été présentées. Les pratiques peuvent dépendre des représentations de la DI du point de vue didactique et épistémologique, mais aussi des représentations concernant le travail des élèves. Le canevas OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérience, Résultats, Interprétation, Conclusion) est peu à peu entré dans les discussions, comme une référence pour les enseignants pour mettre en place une DI (ce qui véhicule aussi une représentation de la DI), mais en même temps comme une référence de laquelle il faudrait s'affranchir. Les exemples de DI présentés pendant les Journées peuvent devenir des ressources pour les enseignants et les formateurs.

La DI apparaît parfois si complexe que l'analyse des compétences des enseignants en jeu ou à construire devient essentielle. Ces compétences sont liées aux difficultés déjà évoquées, dans le sens qu'une difficulté peut être interprétée comme une compétence à construire. Pour montrer quelques exemples de compétences, qui peuvent aussi caractériser la mise en œuvre d'une DI, je m'appuie sur les réflexions des enseignants en formation sur le *laboratoire de mathématiques* (Maschietto, 2010) : « *Le rôle de l'enseignant a été celui d'amener les élèves à être protagonistes de la séance, à la découverte de la machine* » ; « *Pendant les expérimentations avec les machines, mon rôle a été celui de guider (moment de blocage) et interpréter ce que les élèves étaient en train de faire quand ils n'arrivaient pas à le faire* » ; « *L'enseignant doit être sans doute très attentif aux dynamiques des groupes et à essayer de saisir toutes les hypothèses et les idées qui précèdent souvent ce qui est écrit dans la suite ou raconté par les élèves* » ; « *Par rapport aux activités 'standard', l'activité de construction et de préparation du matériel est plus importante* » (Extraits des journaux de bord d'enseignants, MMLab). Ces extraits mettent en évidence des compétences qui ne sont pas travaillées dans des formations 'classiques', mais qui demandent des dispositifs *ad hoc*. L'intervention de de Hosson *et al.* (p. 19) fournit un exemple de formation qui n'est pas fondée sur les contenus disciplinaires, mais plutôt sur des contenus didactiques ; cette formation ne vise pas seulement l'implémentation en classe d'une DI, mais aussi l'analyse des processus d'apprentissage des élèves. Dans ce sens, les analyses des conceptions des élèves (qui peuvent reposer aussi sur une analyse épistémologique des contenus de la DI) et de leurs formes de raisonnement peuvent constituer des composantes fondamentales d'une formation. En général, des exemples de formation mixte, constituée par des moments en présence et des moments à distance ont été rapportés. Cela permet d'intégrer la formation dans le travail en classe, conçu comme partie intégrante de la formation.

3. Éléments à prendre en compte dans la mise en œuvre des DI

3.1. Dévolution

La question de la dévolution s'est imposée lors des sessions d'ateliers (cf. Dorier, p. 179), qui ont juxtaposé des travaux conduits dans des disciplines diverses.

Pour mettre en évidence la pertinence de cette question, nous avons relevé des exemples où la dévolution est évoquée dans ces Actes : « *activités d'investigation où la dévolution aux élèves des problématiques traitées est forte* » (Monod et al., p. 91) ; « *facteurs qui soutiennent la dévolution conduisent à l'acceptation par les élèves de la responsabilité du problème à résoudre. [...] L'un des principaux facteurs de dévolution que notre travail a permis de mettre en évidence est la clarté de la tâche qui est assignée aux élèves et qui se concrétise par des réalisations qui pourront être soumises à jugement.* » (Sanchez & Jouneau-Sion, p. 113) ; « *La dévolution des questions aux élèves repose sur une claire séparation de la responsabilité curriculaire – que l'enseignant conserve – du rôle d'autorité de savoir scientifique* » (Lombard, p. 148) ; « *la dévolution à la classe d'une responsabilité scientifique* » (Gandit & Modeste, p. 181). Dans ces phrases, on repère deux niveaux : un niveau concernant les éléments favorisant une 'bonne' dévolution et un niveau concernant plus précisément « qu'est-ce que l'on dévolue ? ». Ce deuxième niveau me semble particulièrement pertinent, puisqu'il souligne l'enjeu d'une DI et le sens qu'elle peut avoir (et les activités reliées) pour les élèves.

3.2. Apprentissages visés

La question de la dévolution me semble liée à celle des apprentissages visés dans une DI. Marzin (p. 168) la pose ainsi : « *la mise en œuvre de la démarche d'investigation pose la question des apprentissages visés : la (les) méthode(s) ou/et les savoirs* ». L'explicitation des apprentissages visés est aussi liée aux savoirs en jeu et aux objectifs d'une DI. De ce point de vue, la question sur les savoirs transversaux apparaît de façon incontournable, par rapport aux contenus des programmes : « *Ces problèmes mettent en jeu des savoirs transversaux, propres à la pratique du mathématicien* » (Gandit & Modeste, p. 181) ; « *comment cet accompagnement des élèves, à travers une démarche expérimentale, a permis d'élaborer un raisonnement mathématique de la conjecture à la preuve ?* » (Puig-Renault, p. 98) ; « *dans l'approche des problèmes de recherche sur le développement de compétences transversales liées au raisonnement, en laissant au second plan les apprentissages sur les notions mathématiques* » (Aldon, p. 48). Même si ces exemples concernent les mathématiques, la question des savoirs transversaux me semble traverser les disciplines. Elle apparaît cruciale dans la DI, si l'on se place dans l'objectif de favoriser des processus de nature argumentative. En effet, si l'on considère que l'« *argumentation consists of some logically connected "arguments"* » (Boero et al., 2008, p. 268), où un « *argument will be "a reason or reasons offered for or against a proposition, opinion or measure"* », on voit que l'argumentation pourrait être une composante essentielle de la DI.

Parmi les objectifs d'une DI, il me semble repérer le développement du langage utilisé par les élèves, d'où l'attention portée au vocabulaire et à la présence de termes scientifiques qui permettent d'abord de décrire et soutenir l'investigation, et qui devraient ensuite entrer dans le répertoire des élèves. Une question se pose sur la relation entre termes communs et termes scientifiques (ou du modèle de référence)

dans une DI. Plus précisément, la distinction est plus subtile, puisqu'elle ne se situe pas seulement entre termes scientifiques et termes communs, mais aussi entre concepts scientifiques et concepts quotidiens (Vygotski, 1990) et au niveau de l'utilisation des termes se référant à un des deux types de concepts. À propos du langage, les enseignants participant à la formation sur le *laboratoire de mathématique* soulignent : « *L'importance d'un langage adéquat et la nécessité de développer le besoin d'argumenter est un objectif partagé* », « *Les élèves expliquent ce qu'ils ont découvert souvent en utilisant des termes liés aux composantes de l'artefact au lieu des termes plus appropriés, mais ils savent de quoi ils parlent* ». En analysant les interventions des Journées, il me semble avoir repéré des différences dans l'approche de ce type de questions dans les diverses disciplines, ce qui pourrait constituer un autre élément de comparaison entre celles-ci sur la DI.

Conclusion

Dans les trois thématiques des Journées, les enseignants ont eu une place principale : leurs relations avec les DI sont questionnées, ainsi que les dispositifs de leur formation et leur travail collaboratif. Il me semble que le choix de Gueudet & Trouche (2010) de parler de 'professeur' au lieu d'enseignant parce qu'« *enseigner est une des fonctions du professeur, qui en a bien d'autres* » (p. 15) s'applique également sur la DI. Dans les trois thématiques, on ne considère pas explicitement les élèves, qui sont pourtant à la fin les sujets auxquels tous les efforts de la mise en œuvre d'une DI sont adressés. Heureusement, les élèves sont présents et émergent dans les discussions au sein des ateliers : « *Absent un long moment des débats, l'élève est apparu à partir de la question du sens des apprentissages visés à travers la démarche d'investigation* » (Boilevin, p. 175). Des éléments à prendre en compte pour les élèves apparaissent, voire ils semblent même essentiels pour le démarrage et la réussite d'une DI : leur motivation et leur engagement.

Pour terminer, je voudrais avancer une réflexion sur la relation entre la DI et la problématique du rapport entre sciences, mathématiques et réalité. Il me semble que, dans certains cas, la DI et cette problématique sont proches. Par exemple, l'approche des champs d'expérience développée par Boero (à paraître) me semble avoir des points en commun avec des implémentations de DI, notamment dans le jeu des hypothèses.

Bibliographie

- Boero, P. (à paraître). Les domaines d'expérience dans l'enseignement - apprentissage des mathématiques : Lier le travail scolaire à l'expérience des élèves. *Actes de l'école d'été en didactique des mathématiques 2009*. Grenoble : La Pensée Sauvage Éditions.
- Boero, P., Douek, N. & Ferrari, P.L. (2008). Developing Mastery of Natural Language : Approach to Theoretical Aspects of Mathematics. In L. English & al. (dir.), *Handbook of International Research in Mathematics Education* (p. 262-295). New York : Routledge.

- Bosch, M. (2010). L'économie des parcours d'étude et de recherche au secondaire. In G. Gueudet, G. Aldon, J. Douaire & J. Trgalova (dir.), *Apprendre, enseigner, se former en mathématiques : quels effets des ressources ? Actes des journées mathématiques de l'INRP* (p. 19-34). Lyon : INRP.
- Gueudet, G. & Trouche, L. (dir.) (2010). *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques*. Rennes : Presses universitaires de Rennes et Lyon : INRP.
- Linn, M.C., Davis E.A., Bell, P. (2004). *Internet environments for science Education*. Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Maschietto, M. (2010). Enseignants et élèves dans le laboratoire de mathématiques. In G. Gueudet, G. Aldon, J. Douaire & J. Trgalova (dir.), *Apprendre, enseigner, se former en mathématiques : quels effets des ressources ? Actes des journées mathématiques de l'INRP* (p. 9-17). Lyon : INRP.
- Maschietto, M. & Trouche, L. (2010). Mathematics learning and tools from theoretical, historical and practical points of view: the productive notion of mathematics laboratories. *ZDM The International Journal on Mathematics Education*, 42 (1), 33-47.
- Vygotski, L. S. (1990). *Pensiero e linguaggio*. Ed. critica di L. Mecacci. Bari : Laterza.