

• Université de Provence •

Institut Universitaire de Formation des Maîtres
de l'académie d'Aix-Marseille



Cahiers
de la
Recherche
et du
Développement

*Regards croisés franco-helléniques
sur l'éducation scientifique
et technologique à l'école obligatoire*

2007

HORS SERIE 1

S
K
H
O
L
E

SKHOLE

École : du grec *skholê*, loisir, lieu d'étude.

“Le nom d'école ne s'explique pas par l'oisiveté [...], mais par le fait que, toutes autres occupations laissées de côté, les enfants doivent s'adonner aux études dignes d'hommes libres.” (Festus, III^e siècle)

SKHOLÊ est une publication de l'Institut Universitaire de Formation des Maîtres de l'académie d'Aix-Marseille.

SKHOLÊ est une revue à fréquence de parution variable. Elle est destinée aux universitaires, aux formateurs, à tous les enseignants de lycée, de collège ou d'école, aux professeurs stagiaires, aux étudiants en sciences de l'éducation ainsi qu'à toutes les personnes intéressées par la recherche en éducation et par la formation. Elle a pour vocation première et fondamentale d'être un moyen de communication entre les acteurs et les partenaires de la recherche, du développement et de la formation à l'I.U.F.M. Elle veut représenter une tribune à large spectre pouvant aussi bien faire l'état des avancées théoriques et des préoccupations actuelles des chercheurs dans tous les domaines, que présenter des travaux empiriques, des réflexions sur la formation, des analyses d'expériences de terrain, ou encore permettre aux professeurs stagiaires de s'investir dans un acte réflexif sur leurs pratiques... Elle devrait ainsi pouvoir constituer un outil d'information et de formation co-disciplinaire, base d'une culture commune entre ceux qui font vivre et se développer l'I.U.F.M. et ceux qui, de près ou de loin, sont concernés par cette vie et ce développement.

Recommandations aux auteurs et guide pour la préparation des manuscrits

- Les propositions d'article(s) ou de numéros doivent parvenir au Service des Publications ou à la Direction de la recherche et du développement de l'I.U.F.M. d'Aix-Marseille en version papier et numérique.
- Les articles devront comporter, après le titre: nom et prénom de l'auteur (ou des auteurs), fonction, institution d'origine, adresse, n° de téléphone, de fax, et adresse électronique.
- Les articles ne devront pas excéder 60 000 signes, correspondant à environ 20 pages A4 (avec police Times 10 pt ; paragraphes interligne simple, marges : gauche, droite, haut et bas : 2,5 cm).
- Le titre général sera le plus court possible (≤ 60 caractères).
- Les titres et sous titres seront numérotés 1.; 1.1.; 1.1.1. ; ...
- Le texte sera saisi de préférence sous Word.
- Les notes (peu nombreuses) présentées en bas de page, auront un appel numérique (exposant, sans parenthèse ni espace, en numérotation continue).
- Graphiques, tableaux, schémas et illustrations seront fournis sur feuilles séparées ; leur dimension maximum (de bord à bord) sera de 12 cm de largeur et de 19 cm de hauteur. Leur emplacement dans le texte sera indiqué. Les tableaux seront présentés selon les normes A.P.A. : ils seront numérotés et titrés (n° et titre seront placés au-dessus, et centrés). Graphiques et illustrations diverses seront numérotés et titrés (n° et titre seront placés en-dessous, et alignés à gauche). Pour les tableaux, graphes et/ou illustrations qui ne sont pas originaux, la source première de référence sera clairement indiquée.
- Les références en cours de texte devront respecter les règles A.P.A. (exemple: “Suivant les dernières élaborations des spécialistes (Amy, 1998 ; Dupont, 1996 ; Dupont & Dupond, 1996), il faut suivre les conclusions de Durand (1994), même si les précisions apportées par Dupuy (1995 a ; 1995 b) ne doivent pas ...”).
- Un résumé de 100 mots et 3 à 5 mots clés accompagneront le manuscrit.
- Les références bibliographiques seront placées en fin de texte, présentées par ordre alphabétique en une liste unique non subdivisée par type de publication, selon les normes A.P.A. Exemples :
Chalmers, A.F. (1987). *Qu'est-ce que la science?*. Paris : La Découverte.
Chevallard, Y. (1988). Médiations et individualisation didactiques, le contrat didactique : différentes approches, *Interactions didactiques*, 8, 23-34.
Debarbieux, E. (1994). Violence, sens et formation des maîtres. In H. Hannoun & A.M. Drouin-Hans (Eds.), *Pour une philosophie de l'éducation* (pp. 83-96). Paris-Dijon : Editions du Centre National de Documentation Pédagogique.
- Les annexes, numérotées en chiffres romains, seront placées après les références bibliographiques.

Les opinions émises dans les articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

Nota : les articles ayant déjà fait l'objet d'une publication (même partielle) ne peuvent être republiés, sauf accord préalable de la rédaction de la revue, du Directeur de publication et de la maison d'édition. Si l'article proposé à Skholê a déjà fait l'objet d'une publication, veuillez le signaler.

Sommaire

Regards croisés franco-helléniques sur l'éducation scientifique et technologique à l'école obligatoire

• Présentation	1
<i>Jean-Marie Boilevin et Konstantinos Ravanis</i>	
• L'éducation scientifique et technologique à l'école obligatoire face à la désaffection : recherches en didactique, dispositifs et références	5
<i>Jean-Marie Boilevin et Konstantinos Ravanis</i>	
• Raisonnements des enfants d'âge préscolaire et interventions humaines sur les plantes de la forêt : le cas de l'abattage	13
<i>Marida Ergazaki et Irène Andriotou</i>	
• La polysémie du concept d'espace occupé : les différents sens du concept de volume selon la nature technique ou physico-mathématique des objets concernés	21
<i>Colette Andréucci</i>	
• Reconstruction des représentations spontanées des élèves : la formation des ombres par des sources étendues	31
<i>Christos Dédès et Konstantinos Ravanis</i>	
• Comment les élèves du collège conçoivent le mouvement du pendule : une recherche empirique	41
<i>Sotiris Dossis et Dimitris Koliopoulos</i>	
• Etude de la contribution des tableurs dans le processus de résolution des problèmes en mathématiques	53
<i>Kostas Lavidas, Vassilis Komis, Kostas Zacharos et Vassiliki Papageorgiou</i>	
• Les messages pédagogiques promus par les textes des manuels scolaires de Chimie en Grèce	67
<i>Pagonitsa Pantiska et Vassilia Hatzinikita</i>	
• L'ordinateur portable comme instrument dans la situation d'enseignement apprentissage en physique et en technologie	77
<i>Pascale Brandt-Pomares et Jean-Marie Boilevin</i>	
• Des questions pour l'enseignement des systèmes automatisés au collège : quelles tâches, quels supports pour quelles activités des élèves ?	91
<i>Liliane Aravecchia</i>	
• Regards croisés de deux manuels de technologie : en Italie et en France	101
<i>Isabelle Corréard</i>	
• Construire une référence à partir des pratiques professionnelles : le cas de l'enseignement de la santé et de la sécurité du travail	109
<i>Hélène Cheneval-Armand</i>	
• Conceptions de la discipline et relations avec les choix didactiques des enseignants de technologie	119
<i>Gomatos Léonidas</i>	
• Développement d'objectifs et d'activités d'apprentissage sur le corps humain par de futurs enseignants de maternelle : quels éléments prennent-ils en compte ?	127
<i>Vassiliki Zogza et Marida Ergazaki</i>	
• Des professeurs des écoles face à l'enseignement de l'évolution à l'école primaire française	137
<i>Corinne Mairone et Jean-Jacques Dupin</i>	
• La contribution de l'éducation tout au long de la vie et de l'anthropologie dans la préparation professionnelle des enseignants : réflexions théoriques	149
<i>Thanassis Karalis, Leonidas Sotiropoulos et Maria Kampeza</i>	
• Si la science m'était contée	157
<i>Claudio Rubiliani</i>	
• Développement de nouveaux curriculums et nouvelles questions aux didactiques de sciences et de la technologie	165
<i>Jean-Jacques Dupin</i>	

Présentation

Jean-Marie Boilevin* et Konstantinos Ravanis**

* *Equipe Gestepro, Unité Mixte de Recherche Apprentissage Didactique Evaluation et Formation (U.M.R. A.D.E.F.), Université de Provence*
jm.boilevin@aix-mrs.iufm.fr

** *Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques et Naturelles, des Mathématiques et des T.I.C., Université de Patras, Grèce*
ravanis@upatras.gr

Le développement des enseignements scientifiques et technologiques dans l'enseignement général est un élément essentiel pour le développement d'une culture scientifique et technologique largement partagée. Au-delà de la portée d'éducation du citoyen, un tel développement constitue un enjeu décisif afin de développer l'accès aux études scientifiques et technologiques qui connaissent une désaffection importante.

Le développement d'une coopération étroite entre les équipes *G.R.E.S.* du Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques et Naturelles, des Mathématiques et des T.I.C. (Université de Patras, Grèce) et *Gestepro* de l'U.M.R. A.D.E.F. (Université de Provence - I.N.R.P.) permet d'échanger sur les problématiques et les méthodologies de travail, de comparer les résultats obtenus et de développer des projets de travaux communs.

Ce numéro de la revue *Skholê* constitue le premier fruit de cette coopération.

Groupe d'étude en éducation scientifique, technologique et professionnelle (Gestepro)

Axes de recherche

L'équipe *Gestepro* poursuit des travaux sur les processus d'enseignement apprentissage à l'œuvre en éducation scientifique, technologique et professionnelle.

Deux grandes orientations de recherche

- L'étude des processus de transposition didactique, notamment dans les situations où les références sont mal définies et ne peuvent s'identifier spontanément à des corpus de savoirs savants constitue un premier champ d'interrogation ;
- l'étude des organisations scolaires, entendues comme systèmes de transmission-appropriation de savoirs constitue le second champ d'investigation. Elle porte particulièrement sur l'articulation entre les objets manipulés et la construction de signification sur ces objets notamment en s'intéressant au rôle des langages spécialisés dans ces apprentissages. Ces études, conduites à partir des théories de l'activité, articulent deux dimensions :
 - la compréhension des situations didactiques d'enseignements scientifiques, technologiques et professionnels ;
 - la conception, le développement et la mise à l'épreuve de dispositifs didactiques dans le cadre d'une ingénierie didactique.

Champs disciplinaires couverts

La co-construction de problématiques de recherche s'inscrit dans une perspective de mise en tension des disciplines enseignées que ce soit dans l'enseignement primaire, secondaire ou à l'Université. Certaines études conduites échappent à ce cadre scolaire pour ouvrir des espaces de travail sur la formation professionnelle, qu'il s'agisse de la formation professionnelle des enseignants ou de la formation de professionnels pour les entreprises industrielles ou de services.

D'une manière générale, ces domaines sont approchés du point de vue des didactiques des sciences physiques, de la vie et de la terre, de l'éducation technologique, des génies industriels et tertiaires ou de la conception industrielle.

Les recherches conduites s'intéressent à l'enseignement des sciences de la matière, de la vie et de la terre, et des technologies dans la scolarité obligatoire (école primaire, collège et lycée). En ce qui concerne la formation professionnelle, l'équipe s'intéresse aux enseignements professionnels en lycée professionnel, en lycée technologique, dans les filières universitaires professionnelles et dans les établissements spécialisés de formation professionnelle.

Les études menées concernent trois domaines :

- les processus de transposition didactique, production de séquences et outils pour l'enseignement ;
- les processus de transmission-appropriation ;
- les pratiques enseignantes et la formation des maîtres.

Membres du groupe

En majorité les membres de *Gestepro* interviennent dans la formation des maîtres au sein de l'I.U.F.M. de l'académie d'Aix-Marseille – école interne de l'Université de Provence. *Gestepro* élabore des collaborations multilatérales dans des cadres institutionnels internationaux ou des échanges bilatéraux.

- Responsable : Jacques Ginestié ;
- Membres : Colette Andreucci ; Jean-Marie Boilevin ; Pascale Brandt-Pomares ;
Marjolaine Chatoney ; Jean-Jacques Dupin ; Jean-Pierre Froment ;
Jean-Charles Lebahar ; Claudio Rubiliani ; Pierre Verillon ;
- Adresse de communication :
Jacques Ginestié (*Gestepro*)
I.U.F.M. d'Aix-Marseille
32 rue Eugène-Cas - 13248 Marseille Cedex 04 - France
Tel. : +33(0)4 91 10 75 75 Fax : +33(0)4 91 08 40 67
E-mail : j.ginestie@aix-mrs.iufm.fr

Groupe de Recherche en Education Scientifique (G.R.E.S.)

Axes de recherche

Le Groupe de Recherche en Education Scientifique (*G.R.E.S.*) constitue une équipe de recherche au sein du Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques et Naturelles, des Mathématiques et des T.I.C. au Département des Sciences de l'Education (Section Préscolaire) de l'Université de Patras en Grèce.

Le *G.R.E.S.* a pour objectifs principaux :

- de mener la recherche sur la didactique des sciences physiques et des sciences naturelles concernant tous les degrés de l'éducation nationale mais surtout l'éducation préscolaire ;
- d'assurer la transformation des résultats de la recherche en matériel convenable pour la formation des maîtres.

Les axes de la recherche actuelle sont les suivants :

- représentations des élèves des différents degrés éducatifs (maternelle, primaire et secondaire) sur des concepts des sciences physiques et naturelles ;
- évaluation de l'efficacité des interventions didactiques aidant les élèves des différents degrés éducatifs à construire des modèles conceptuels des sciences physiques et naturelles ;
- possibilité de développer, appliquer et évaluer un curriculum des sciences physiques et naturelles pour l'éducation préscolaire en Grèce prenant en compte les résultats de la recherche en didactique des sciences physiques et naturelles, les demandes sociales et culturelles contemporaines et les traditions du système éducatif grec ;
- interactions sociales/didactiques dans la mise en place de nouvelles opérations cognitives sans ou avec l'aide des nouvelles technologies ;
- problèmes concernant la formation des enseignants de sciences physiques et naturelles (études portant sur la mise en œuvre des stratégies visant à modifier les pratiques des enseignants, études de cas dans le cadre de recherches-action).

Les membres du *G.R.E.S.* participent à l'enseignement de Didactiques des Sciences Physiques et Naturelles dans les Départements de Physique, de Chimie, de Biologie, de Science des Matières et de Sciences de l'Education (préscolaire et primaire).

Le *G.R.E.S.* élabore des collaborations avec des chercheurs individuels ou avec des groupes de recherche internationaux en menant des études comparatives.

Les membres du *G.R.E.S.* contribuent à des formations nouvelles des enseignants de tous les degrés de l'Education nationale.

Membres du groupe

- Responsable : Konstantinos Ravanis ;
- Membres : Georges Bagakis ; Marida Ergazaki ; Dimitris Koliopoulos ; Konstantinos Ravanis, Vassiliki Zogza ;
- Adresse de communication :
Konstantinos Ravanis (*G.R.E.S.*)
Université de Patras
Département des Sciences de l'Education Préscolaire
Rion 26500 Patras - Grèce
Tel. : +30 2610 997 717 Fax : +30 2610 997 717
E-mail : ravanis@upatras.gr

Ce numéro de la Revue est partiellement soutenu par le programme EPEAEK du Département des Sciences de l'Education – Section Préscolaire de l'Université de Patras (financé par le Ministère Hellénique de l'Education Nationale et l'Union Européenne).

L'éducation scientifique et technologique à l'école obligatoire face à la désaffection : recherches en didactique, dispositifs et références

Jean-Marie Boilevin* et Konstantinos Ravanis**

* Equipe Gestepro, U.M.R. A.D.E.F., Université de Provence
jm.boilevin@aix-mrs.iufm.fr

** Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques et Naturelles, des Mathématiques et des T.I.C.,
Université de Patras, Grèce
ravanis@upatras.gr

Introduction

Depuis quelques années, un important débat de société a lieu à propos de l'enseignement des sciences et de la technologie. Le développement de ces disciplines dans l'enseignement général et/ou technique est un élément essentiel pour le développement d'une culture scientifique et technologique largement partagée. Au-delà de la portée d'éducation du citoyen, un tel développement constitue un enjeu décisif afin de développer l'accès aux études scientifiques et technologiques qui connaissent une désaffection importante depuis quelques années dans de nombreux pays développés.

Cette baisse préoccupante risque, d'une part de mettre en danger le renouvellement des cadres scientifiques et techniques et, d'autre part de creuser le fossé entre le grand public et les experts. On parle alors de la désaffection des sciences ou de la désaffection pour les études scientifiques par les lycéens et surtout les étudiants. Que cachent réellement ces expressions ? Décrivent-elles une réalité objective ou bien la situation est-elle plus complexe qu'il n'y paraît au premier abord. Quelles sont les raisons de ce phénomène et les solutions envisagées ?

Désaffection pour les sciences et/ou pour les études scientifiques ? Quelques constats et raisons

Du côté de l'institution, de nombreux rapports ont été publiés et plusieurs colloques internationaux récents (O.C.D.E., Amsterdam, 2005 ; Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais, Lille, 2005) se sont penchés sur la crise mondiale des sciences. Mais la recherche en éducation a, elle aussi, étudié la question. Nous présentons ici une synthèse de la question.

Il est parfois difficile de distinguer les constats des raisons du phénomène de désaffection dans certains rapports qui confondent parfois la cause et la conséquence. Il est vrai que la différence est quelquefois délicate à faire suivant le point de vue adopté. Par exemple, dire que l'image de la science véhiculée par l'enseignement s'avère éloignée de la science qui se pratique réellement est-il un constat ou une des raisons du phénomène de désaffection ?

Les notions de scientifique et d'études scientifiques ne recouvrent pas forcément la même signification suivant les rapports et/ou les pays. La distinction proposée par Bédoué, Fourcade, Giret et Moullet (2006) semble à cet égard pertinente puisqu'elle sépare les sciences fondamentales et les sciences appliquées. De même, la distinction entre la science et l'utilisation de la science par ses applications mériterait quelquefois d'être précisée. En France, l'avis du Haut Conseil de la Science et de la Technologie (2007) distingue ainsi clairement l'attractivité (ou non attractivité) de la science et l'attractivité (ou non attractivité) des études scientifiques.

Les constats au niveau international montrent que les expressions désaffection pour les sciences ou crise mondiale des sciences sont plutôt à proscrire (Convert, 2005a, 2005b). L'expression désaffection pour les études scientifiques correspond mieux à une certaine réalité même si Convert (2006) invite là encore à être prudent dans

l'interprétation faite par les comparaisons réalisées par les grands organismes internationaux et à revoir l'idée d'une crise mondiale des sciences ; cet auteur évoque plutôt une désaffection pour les disciplines académiques traditionnelles au profit des filières supérieures professionnalisantes dans les pays industrialisés.

Au niveau européen, les constats à peu près consensuels sont les suivants :

- diminution en valeur relative des effectifs d'étudiants en sciences et technologie, notamment en mathématiques et en sciences physiques (O.C.D.E., 2006) ;
- sous représentation des femmes dans les filières universitaires de sciences et technologie et dans les carrières scientifiques (O.C.D.E., 2006) ;
- les professions scientifiques et technologiques séduisent moins (High Level Group, 2004 ; O.C.D.E., 2006) ;
- globalement l'image des scientifiques demeure positive mais les avis divergent sur ce point (Robert, 2002 ; Rolland, 2006) ;
- faible attractivité des carrières scientifiques (High Level Group, 2004 ; Robert, 2002).

Les raisons avancées dans les différents rapports ou recherches sont complexes mais l'ensemble peut être regroupé autour de cinq catégories.

Facteurs idéologiques

- Image dégradée de la science pour certains : plus d'association systématique entre développement de la connaissance scientifique et progrès (Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais, 2005 ; H.C.S.T., 2007 ; Rolland, 2006) mais cause rejetée par d'autres (Convert, 2006 ; Convert & Gugenheim, 2005 ; Porcher, 2002) en ce qui concerne les jeunes générations ;
- image des scientifiques désuète, éloignée de la réalité (Porcher, 2002 ; Rolland, 2006).

Facteurs socio-économiques

- Méconnaissance de la diversité des débouchés et des carrières possibles après des études scientifiques en dehors de la recherche et de l'enseignement (Lemaire, 2004 ; Lemaire & Leseur, 2005) ;
- qualité et quantité des débouchés offerts (Béduwé *et al.*, 2006) ;
- difficultés de la carrière de chercheur (Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais, 2005) ;
- mauvaise image des professions scientifiques et technologiques (O.C.D.E., 2006) et/ou faible attractivité des carrières scientifiques (H.C.S.T., 2007 ; Ourisson, 2002) ;
- liens entre science et économie mal perçus amenant une perte de légitimité des carrières scientifiques par rapport à d'autres carrières possibles (Rolland, 2006).

Facteurs sociaux

- Hiérarchie des disciplines liées à des stéréotypes persistant, les mathématiques occupant une place privilégiée (Béduwé *et al.*, 2006 ; Convert, 2005) ;
- clichés sociaux sur les métiers scientifiques qui ne seraient pas féminins et/ou qui seraient réservés à une élite intellectuelle (Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais, 2005 ; O.C.D.E., 2006 ; Rosenwald, 2006).

Facteurs structurels

- Manque d'équipements de laboratoires dans certains pays (O.C.D.E. 2006 ; Robert 2002) ;
- difficulté des études (Rolland, 2006) et/ou réputation difficile des études scientifiques universitaires (Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais, 2005 ; Ourisson, 2002) ;
- fonctionnement du système de formation (Béduwé *et al.*, 2006).

Facteurs pédagogiques

- Image de la science véhiculée par l'enseignement scolaire peu enthousiasmante (High Level Group, 2004 ; Robert, 2002) ;
- programmes d'enseignement inadaptés (Demailly, 2001 ; H.C.S.T., 2007 ; O.C.D.E. 2006) ;
- enseignement scientifique trop académique, rigide (Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais, 2005 ; Duverney, 2003 ; High Level Group, 2007) déshumanisé (High Level Group, 2004), manquant de liens avec les sciences humaines (Rolland, 2006) ;
- enseignement trop cloisonné (Rolland, 2006) ;

- démarches pédagogiques peu pertinentes (Duverney, 2003 ; H.C.S.T., 2007 ; O.C.D.E., 2006 ; Rolland, 2006) essentiellement déductives (High Level Group, 2007).

Les réactions de la communauté scientifique

Les propositions très générales comme améliorer l'attractivité des filières scientifiques ou réformer l'enseignement des sciences et des techniques ne sont pas pertinentes au niveau politique et ne semblent pas fonctionnelles au niveau éducatif. Les recommandations pour lutter contre le phénomène de désaffection pour les études scientifiques sont surtout faites par les rapports institutionnels. Certaines concernent l'attractivité des sciences, d'autres abordent l'attractivité des études scientifiques dans les différents niveaux du système éducatif. Les propositions avancées dépendent directement des pouvoirs publics et/ou de la société (conditions externes) alors que d'autres dépendent du système éducatif (conditions internes) et quelques unes apparaissent en interaction avec ces deux milieux.

Le rapport rédigé par le *High Level Group On Science Education* (2007) propose une série de recommandations concernant les mesures à prendre au niveau local, national et européen :

- privilégier des méthodes plus inductives (*inquiry-based science education* – I.B.S.E.) pour stimuler l'intérêt des élèves ;
- augmenter les opportunités de coopération entre différents acteurs dans et hors l'école ;
- soutenir les enseignants de sciences en favorisant la participation à des réseaux ;
- soutenir au niveau européen le déploiement d'initiatives telles que Pollen et Sinus-Transfert, issues de travaux de recherche en éducation scientifique et technologique.

La communauté scientifique internationale, face à ces constatations, réagit de façon différente surtout aux niveaux internes. Quelques courants de recherches effectuées dans le cadre de la didactique des sciences physiques et naturelles et de la technologie, mais aussi de la didactique des mathématiques, la psychologie éducative, l'épistémologie de la connaissance, etc. offrent, d'une part des résultats qui peuvent améliorer les microstructures de l'enseignement comme l'organisation et les dispositifs et, d'autre part, des matériaux qui peuvent aider les changements institutionnels. Nous présentons dans ce numéro quelques pistes caractéristiques de la recherche en France et en Grèce qui vise à résister à la désaffection en proposant des résultats et des données, qui répondent aux besoins de la qualité et de l'efficacité de l'éducation scientifique et technologique aux différents niveaux de scolarité.

Tableau 1. Comparatif de différents cursus éducatifs en fonction de l'âge

	Dimotiko / Ecole élémentaire / Primary / Elementary School						Gymnasio - Lykeio / Collège - Lycée / Secondary / Middle / High School					
Age	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
GR	1	2	3	4	5	6 (*)	1	2	3	1	2	3
GB	Year 2 (KS1)	Year 3 (KS2)	Year 4 (KS2)	Year 5 (KS2)	Year 6 (KS2)	Year 7 (KS3)	Year 8 (KS3)	Year 9 (KS3)	Year 10 (KS4)	Year 11 (KS4)	A-Level	A-Level
FR	CP	CE1	CE2	CM1	CM2	6°	5°	4°	3°	2°	1 ^{re}	Term.
US	E1	E2	E3	E4	E5	M6	M7	M8	H9	H10	H11	H12

GB: KS = Key Stage

(*) 6 = Elementary School

USA: E = Elementary School, M = Middle School, H = High School

Une recommandation très souvent proposée est celle de l'amélioration de la formation des enseignants et aussi celle du développement de la formation continue (Blandin & Renar, 2003 ; H.C.S.T., 2007 ; O.C.D.E., 2006 ; Rolland, 2006). Mais quels cadres théoriques nouveaux peut-on envisager pour aller plus loin ? Les différents articles de ce numéro constituent les éléments de réponse à cette question et sont brièvement présentés ci-après. Karalis, Sotiropoulos et Kampeza évoquent la contribution de l'éducation tout au long de la vie et de l'anthropologie dans la préparation des futurs enseignants. Dans ces cadres, un changement du point de vue qui dorénavant envisage l'enseignant comme apprenant à vie qu'il se forme en tant que sujet actif, en mesure d'exploiter toutes les nouvelles sources d'apprentissage tout au long de son parcours professionnel, que ce soit dans des contextes institutionnels, non institutionnels ou informels. Les concepts de l'apprentissage transformatif ou des communautés de pratiques et les dimensions réflexives de l'anthropologie utilisées par les enseignants pour investiguer la pratique éducative à laquelle ils participent, ils font émerger une nouvelle reconnaissance et valorisation des stages des pratiques professionnels comme une pratique favorable pour que les enseignants puissent évoluer leur sens critique à lire les données de leur environnement en se posant des questions, en repérant des situations problématiques et en trouvant des modes d'actions et des manières de leur faire face. Une autre approche, qui peut aussi influencer la formation des enseignants, vraiment plus traditionnelle mais très souvent ignorée et continûment proposée, est la prise en compte des conceptions et des attitudes des enseignants face à la connaissance scientifique et pédagogique.

Gomatos présente une recherche sur l'approche des conceptions des enseignants de l'enseignement secondaire, sur le statut de la connaissance technologique et surtout sur l'influence éventuelle de ces conceptions sur leurs décisions, actions et pratiques pédagogiques. Le chercheur propose des problèmes scolaires qui présentent pour les enseignants de technologie quelques caractéristiques différentes et il discute avec eux sur ces problèmes au cours d'un entretien individuel. L'analyse du corpus fait apparaître que les caractérisations des enseignants concernant les trois problèmes sont en liaison directe avec leurs conceptions respectives du statut de la connaissance technologique.

Dans les mêmes perspectives, Zogza et Ergazaki explorent les représentations des enfants dans le cadre de la formation des enseignants. Une recherche caractéristique de ce courant vise à déterminer la possibilité qu'ont les futurs enseignants de maternelle d'enseigner le thème du corps humain. Les chercheurs présentent aux futurs enseignants les idées des enfants de quatre à sept ans et leur demandent d'élaborer un scénario d'enseignement comprenant les objectifs d'apprentissage, le contenu scientifique des activités et des techniques didactiques précises. L'analyse du travail effectué par les futurs enseignants porte sur l'utilisation éventuelle des représentations des enfants dans l'identification des objectifs, la création des activités pédagogiques, le type d'approche didactique et l'évaluation des techniques didactiques et du matériel proposés. Cette analyse montre que les enseignants ne font pas les liens nécessaires entre les représentations des enfants, le savoir à enseigner et les objectifs des activités préparées car ils restent attachés aux pratiques traditionnelles.

Mairone et Dupin, en approchant les points de vue des enseignants du primaire sur l'évolution du vivant, touchent un thème contemporain très sensible au niveau de la société et sans doute de l'école étant donné que ces points de vue peuvent influencer les pratiques didactiques. Les chercheurs choisissent l'approche du problème posé par la question du rapport au savoir, en utilisant comme concepts clés pour analyser les situations de classe les rapports institutionnels et aussi les rapports personnels. La recherche consiste en une analyse des prescriptions institutionnelles de l'école primaire et en un repérage du rapport que les enseignants entretiennent individuellement avec la notion d'évolution par l'intermédiaire d'un questionnaire écrit.

La recherche sur l'utilisation de supports culturels et historiques et le travail à partir des références sociales peut jouer un rôle décisif dans l'attractivité et/ou l'efficacité de l'enseignement. C'est le cas de la recherche de Dedes et Ravanis qui a pour objet la déstabilisation et la reconstruction des représentations que se font les élèves de l'émission de la lumière et de la formation d'ombres à partir de sources lumineuses étendues. Les chercheurs utilisent une intervention didactique expérimentale basée sur le modèle de l'optique géométrique dont les caractéristiques sont issues de l'expérimentation historique de Kepler. Dans les résultats de la recherche menée auprès d'élèves âgés de 12 à 16 ans, on constate que les interactions didactiques, à partir d'un modèle historiquement proposé, offrent aux élèves la possibilité de la construction d'une représentation sur la lumière sur la base du principe de l'émission "non cohésive" (punctiforme) et la résolution d'un problème spécial de la formation des ombres.

Sur le même axe de recherche, Dossis et Koliopoulos effectuent une étude empirique relative à la manière dont les élèves de collège conçoivent les caractéristiques fondamentales du savoir scientifique, tel qu'il est mobilisé dans le phénomène du mouvement du pendule. A partir d'un questionnaire destiné aux élèves de 14-15 ans, avant l'enseignement du pendule à l'école, les chercheurs font exprimer les représentations des enfants, non seulement au niveau conceptuel, mais aussi à propos des deux autres dimensions du savoir scientifique : le niveau méthodologique et le niveau culturel. L'élaboration des réponses des élèves permet la formulation des idées et des conséquences pédagogiques sur l'élaboration d'un programme d'enseignement innovant qui dépasse l'approche empirique basée sur le travail expérimental des lois du pendule. Comme principes d'un tel programme, les chercheurs proposent *la reconnaissance du pendule comme mécanisme de mesure exacte du temps, par rapport à des mécanismes plus anciens* et l'étude du *mouvement isochrone du pendule*.

Dans un cadre qui évoque la formation d'une culture scientifique à l'école, Rubiliani constate les difficultés provoquées par les influences culturelles sur la différenciation entre le réel et l'imaginaire, différenciation estimée comme un des principaux objectifs de l'enseignement scientifique à l'école primaire. Face à cette nécessité, le chercheur propose une expérimentation avec des outils innovants recourant à une fiction et utilisant comme support des ouvrages de littérature de jeunesse associant texte et images. La discussion, à partir du déploiement de deux exemples, conduit à l'éclairage de "l'apport de connaissances et de compétences instrumentales contextualisées, à travers les prolongements documentaires et expérimentaux possibles" mais aussi peut permettre l'ouverture sur le débat, la confrontation d'opinions, le doute et la complexité, composantes indispensables et souvent écartées car pédagogiquement peu maîtrisables.

Les pratiques quotidiennes des techniciens peuvent offrir un autre aspect culturel pour la préparation des élèves en enseignement technique. Dans une recherche qui porte sur cette question, Cheneval-Armand approche les savoirs sous-jacents aux pratiques des professionnels et montre comment ces pratiques construisent un champ de références. L'enregistrement audiovisuel et l'analyse du travail de deux professionnels intervenant dans le domaine de l'installation et de la maintenance des systèmes énergétiques et climatiques, permettent d'une part, de s'interroger sur l'origine des savoirs de référence dans le cadre de curricula des formations professionnelles de l'enseignement de la santé et de la sécurité du travail et, d'autre part, de qualifier les écarts entre les pratiques

prescrites aux élèves dans le monde scolaire et les pratiques effectives des professionnels dans le monde industriel.

Le courant fondateur de recherche en Didactique des Sciences Expérimentales et de la Technologie reste toujours vivant et crucial face à la désaffection pour les études scientifiques. En réalité, la connaissance des représentations des élèves sur un large spectre des propriétés de la matière et des objets, des phénomènes et des concepts, permet toujours un éclairage des problèmes réels au niveau de la pensée des enfants et par conséquent, sur la préparation du dépassement des difficultés. Par exemple dans la recherche d'Ergazaki et Andriotou orientée vers l'étude des représentations, la question posée est de savoir dans quelle mesure les enfants d'âge préscolaire sont à même d'interpréter négativement les perturbations provoquées par l'homme dans les biotopes ou les chaînes alimentaires. Les chercheuses examinent la capacité des petits enfants à considérer la forêt comme maison des animaux et à y reconnaître les relations alimentaires simples et aussi leurs raisonnements concernant une série d'interventions humaines sur les plantes et les animaux de la forêt. L'analyse des entretiens des enfants montre que bien qu'ils ne semblent pas réfléchir spontanément en termes écologiques, les enfants se montrent capables de raisonnements à caractère écologique quand il leur est explicitement demandé de déterminer les conséquences possibles de l'abattage pour les animaux de la forêt.

Andréucci, pour sa part, s'intéresse surtout au problème de la construction du savoir logico-mathématique : la question posée concerne les difficultés rencontrées par les élèves de dix à 13 ans sur la construction de l'invariance et de l'arithmétisation du volume. L'hypothèse émise avance que les deux notions à acquérir ont une même origine : l'antagonisme existant entre les propriétés à élaborer à propos du savoir logico-mathématique et celles qui rendent opératoire le sens premier qui s'attache à la notion de quantité d'espace occupé par les objets courants dans l'environnement, à savoir le volume apparent en tant que pseudo-grandeur variable et relative. Etant donné que les réponses des enfants semblent confirmer cette hypothèse, on constate que la notion d'espace occupé prend un nouveau sens avec l'enseignement dispensé à propos du volume mais sans régler pour autant la tendance qui consiste à amalgamer les différents aspects du concept.

La recherche multidimensionnelle de Pantiska et Hatzinikita sur les manuels scolaires est très intéressante étant donné que les manuels sont des facteurs déterminants du travail scolaire, d'une part au niveau didactique, et d'autre part, au niveau affectif pour l'attraction des élèves. Dans une approche d'un manuel scolaire de Chimie destiné aux élèves de 13 à 14 ans, l'analyse s'appuie sur les concepts de la spécialisation scientifique (classification), de la formalité du code linguistique et de la délimitation, qui combinent des approches pédagogiques et sociolinguistiques. L'analyse est orientée vers deux directions : (a) comme les concepts de la classification et de la formalité portent sur la savoir scientifique en jeu, les résultats révèlent les caractéristiques des textes concernés au niveau de la formation de l'image du savoir scientifique auprès des élèves/lecteurs. (b) à partir du fait que le concept de délimitation se réfère aux relations pédagogiques, les résultats de l'analyse touchent le problème de la construction et du contrôle ces relations entre le manuel et l'élève.

L'aspect comparatif des manuels est une direction d'étude des différents systèmes éducatifs. Dans le cadre de l'enseignement de la technologie, Corréard constate que malgré des finalités semblables et équivalentes, les points de vue sur la formation d'une culture technologique ne sont pas les mêmes. En posant des questions sur les savoirs proposés, le choix et la nature des illustrations ainsi que la juxtaposition des documents, des exercices et de l'iconographie, on compare un manuel de technologie français et un autre italien au sujet des transports. Le fait qu'en France les transports soient présentés dans les manuels comme prétexte pour faire fonctionner un cadre d'étude alors qu'en Italie c'est un objet d'enseignement, conduit à la constatation des différences des questions posées. En réalité, en France la technologie est abordée comme une suite d'activités, comme une science appliquée, les élèves étant plus des manipulateurs d'objets ou de systèmes que des futurs citoyens capables de penser par eux-mêmes. Par contre en Italie, la technologie est une occasion de faire réfléchir les élèves, non seulement sur les moyens et leur fonctionnement, mais également sur leur impact concernant l'environnement et les incidences socio économiques qu'ils ont sur le pays, c'est-à-dire comme facteur d'influence de la société.

L'utilisation pertinente des moyens techniques pour l'enseignement, classiques ou numériques, peut offrir une solution face à la désaffection évoquée. Ainsi un courant de la recherche en éducation scientifique et technologique repose sur cette orientation. Dans une recherche qui touche ce problème, Aravecchia propose de s'interroger sur la conception et la création de maquettes de systèmes automatisés qu'on utilise dans l'enseignement de la technologie au collège. La distinction entre maquette réelle et maquette virtuelle pose des questions souvent explorées dans la bibliographie. Sur cet axe, cette recherche propose des projets de travaux qui posent notamment la question de la transposition didactique pour ces environnements d'apprentissage que sont les maquettes utilisées en technologie.

Dans une autre perspective, Brandt-Pomares et Boilevin s'intéressent à un moyen numérique très contemporain, l'ordinateur portable dans l'enseignement. La recherche présentée se propose d'étudier la question de l'enseignement d'un savoir disciplinaire dans une situation mettant en œuvre ces ordinateurs. Il s'agit d'expérimenter des dispositifs d'enseignement en sciences physiques et en technologie dans lesquels l'ordinateur est présent dès la conception de la situation et ainsi de tenir compte du fait que le mode de transmission

appropriation changeant, les apprentissages et l'activité enseignante peuvent être modifiés. Les résultats reposent sur l'analyse des interactions dans la situation d'enseignement observée dans chaque discipline.

Les systèmes numériques peuvent offrir la possibilité d'utilisation des outils de médiation dans la résolution des problèmes. La recherche de Lavidas, Zacharos, Komis et Papageorgiou présente une étude de cas où trois paires d'élèves du collège utilisent le tableur comme instrument dans des situations de résolution de problèmes algébriques. Les élèves, face à un problème ouvert concernant les notions de proportionnalité et de proportionnalité ouverte, utilisent le logiciel *Excel*. Une analyse qualitative des actions et des dialogues des élèves pendant la résolution du problème montre que les caractéristiques de base des tableurs pouvant contribuer de manière essentielle à la résolution des problèmes algébriques sont doubles : la représentation dynamique des données et l'automatisation des calculs.

Selon Dupin, les recherches en éducation scientifique et technologique peuvent participer à la réflexion sur les modifications à apporter à l'enseignement des sciences et de la technologie. Plusieurs directions envisagées semblent questionner particulièrement ce champ de recherches : une refondation partielle des disciplines scolaires et une réforme des curriculums (enseignement de sciences intégrées ou les éducations à – citoyenneté, santé, environnement, développement durable, etc.), une modification des méthodes d'enseignement (par exemple la démarche d'investigation), le recours au T.I.C.E. Mais ces orientations supposent une réflexion épistémologique sur les sciences et sur les enjeux de cet enseignement.

Eléments de discussion

Une désaffection pour les études scientifiques et technologiques existe dans les pays industrialisés. Les professions scientifiques et technologiques séduisent moins et ce type de carrière apparaît moins attractif. Une sous représentation des femmes dans les filières universitaires scientifiques et technologiques et dans les carrières scientifiques est constatée dans tous ces pays. Mais les problèmes ne sont pas partout les mêmes. La situation française, par exemple, montre que ce phénomène touche essentiellement certaines disciplines (physique et chimie en particulier) au niveau du premier cycle universitaire. Les bacheliers scientifiques privilégient des études organisées principalement dans les filières professionnalisantes.

Les raisons avancées de cette désaffection sont multifactorielles (idéologiques, socioéconomiques, sociodémographiques, structurelles et pédagogiques). Les recherches en didactique des sciences sont interrogées par certains de ces facteurs notamment les facteurs idéologiques et pédagogiques. Au même titre que d'autres disciplines (sociologie de l'éducation, philosophie de l'éducation, psychologie, etc.) elles peuvent apporter un éclairage sur les recommandations formulées par les différentes institutions notamment en termes de faisabilité ou des effets possibles de certaines mesures préconisées, en particulier les recommandations portant sur les contenus d'enseignement et sur les méthodes d'enseignement.

Références bibliographiques

- Béduwé, C., Fourcade, B., Giret, J.F. & Moullet, S. (2006). Les filières scientifiques et l'emploi. Etude sur l'insertion professionnelle des jeunes formés en sciences fondamentales vs sciences appliquées. *Les dossiers*, 177. Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance. Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche.
- Blandin, M.C. & Renar, Y. (2003). *Rapport d'information de la mission d'information chargée d'étudier la diffusion de la culture scientifique*. Commission des Affaires Culturelles. *Rapport n°392*, Sénat.
- Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais (2005). Colloque *La crise mondiale des sciences*. Lille. [<http://www.nordpasdecals.fr/2005/sciences/synthese.pdf>] (consulté le 12/12/2006). Résumé du colloque [http://sfp.in2p3.fr/CP/Jeunes/Lille_Crise_Science_28-29Nov05.pdf] (consulté le 21/02/2007).
- Convert, B. (2005a). L'Europe et la crise des vocations scientifiques. *Politique d'éducation et de formation. Analyses et comparaisons internationales*. 15, 90-97.
- Convert, B. (2005b). Etudier les sciences [www.apmep-aix-mrs.org/institution/load/Etudier_les_sciences.doc] (consulté le 12/12/2007).
- Convert, B. (2006). *Les impasses de la démocratisation scolaire. Sur une prétendue crise des vocations scientifiques*. Paris : Editions Raisons d'agir.
- Convert, B. & Gugenheim, F. (2005). La chute des inscriptions dans les filières scientifiques des universités : modalités et mécanismes sociaux explicatifs [<http://www.irem.univ-montp2.fr/popup/Convert.pdf>] (consulté le 13/02/07).
- Demilly, J.P. (2001). *Rapport sur l'enseignement des sciences et sur l'environnement de travail des enseignants et enseignants-chercheurs* [<http://smf.emath.fr/Enseignement/Contributions/>] Rapport aux Ministres de l'éducation nationale et de la recherche.

- Duverney, D. (2003). Réflexions sur la désaffection pour les études scientifiques. *La gazette des mathématiciens*, 95, 83-101.
- Haut Conseil de la Science et de la Technologie. (2007). *Avis sur la désaffection des jeunes pour les études scientifiques supérieures*.
- High Level Group. (2004). *Increasing human resources for science and technology in Europe*. EC conference Europe needs more scientists. Brussels.
- High Level Group on Science Education. (2007). *Science Education now : a renewed pedagogy for the future of Europe*. Commission Européenne. Direction de la Recherche.
- Lemaire, S. (2004). Que deviennent les bacheliers après leur baccalauréat ? Evolution 1996-2002. *Note d'information 04.14*. Direction de l'évaluation et de la prospective. Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche.
- Lemaire, S. & Leseur, B. (2005). Les bacheliers S : motivations et choix d'orientation après le baccalauréat. *Note d'information 05.15*. Direction de l'évaluation et de la prospective.
- Organisation de Coopération et de Développement Economique (O.C.D.E.). (2005). Conference on declining interest in sciences studies among young people. Forum mondial de la science. Amsterdam [<http://www.caos.nl/ocw/programme.html>] (consulté le 27/10/2006).
- Organisation de Coopération et de Développement Economique (O.C.D.E.). (2006). Evolution de l'intérêt des jeunes pour les études scientifiques et technologiques. Rapport d'orientation. Coopération scientifique internationale (Forum mondial de la science) [<http://www.oecd.org/dataoecd/60/24/37038273.pdf>] (consulté le 25/02/2007).
- Ourisson, G. (2002). *Désaffection des étudiants pour les études scientifiques*. Ministère de l'éducation nationale [<http://smf.emath.fr/Enseignement/Divers/RptOurisson2002.html>].
- Porcher, M. (2002). *Les jeunes et les études scientifiques : les raisons de la "désaffection" - un plan d'actions*. Rapport à l'attention du Ministre de l'éducation nationale et de la recherche [<http://www.ciep.fr/sitographie/ries42.php>].
- Robert, G. (2002). SET for success. The supply of people with science, technology, engineering and mathematics skills [http://www.grad.ac.uk/cms/ShowPage/Home_page/Policy/National_policy/Roberts_recommendations/p/elkFjXf].
- Rolland, J.M. (2006). *L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire*. Rapport d'information. Commission des affaires culturelles, familiales et sociales. Assemblée Nationale [<http://www.assembleenationale.fr/12/pdf/rap-info/i3061.pdf>].
- Rosenwald, F. (2006). Les filles et les garçons dans le système éducatif. *Note d'information 06.06*. Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance. Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Raisonnements des enfants d'âge préscolaire et interventions humaines sur les plantes de la forêt : le cas de l'abattage

Marida Ergazaki et Irène Andriotou

• Département des Sciences de l'Education et de l'Education d'Age Préscolaire, Université de Patras, Grèce
 ergazaki@upatras.gr
 andriotou@upnet.gr

Résumé

Nous présentons ici une partie des résultats d'une recherche relative à la manière dont les enfants d'âge préscolaire perçoivent les interventions humaines dans l'écosystème de la forêt. La question qui nous occupe est de savoir dans quelle mesure les jeunes enfants sont à même d'interpréter négativement les interventions de l'homme dans les termes de l'écologie, c'est-à-dire comme des perturbations du biotope ou des chaînes alimentaires. Par le biais d'entretiens semi-directifs menés auprès d'enfants âgés de 4-5 ans, nous avons tout d'abord dépisté leur capacité à considérer la forêt comme habitat des animaux et à y reconnaître les relations alimentaires simples. Nous avons examiné ensuite leurs raisonnements concernant une série d'interventions humaines sur les plantes et les animaux de la forêt. Nous présentons ici les résultats de l'analyse de 40 entretiens transcrits concernant les raisonnements des enfants (attitudes, critères, conséquences) à propos de l'abattage. Notre analyse – réalisée par le biais du logiciel de recherche qualitative Nvivo – montre que 85% de l'échantillon juge négativement l'abattage, contre 15% qui la juge positivement. A l'exception des 17,5% de l'échantillon qui présentent une faiblesse de justification de leur attitude (silence, commentaires non pertinents, tautologies), les enfants utilisent des critères anthropocentriques (45%), phytocentriques (30%) et dans une moindre mesure zoocentriques (7,5%). Bien qu'ils ne semblent pas réfléchir spontanément en termes écologiques, les enfants se montrent capables de raisonnements à caractère écologique quand il leur est explicitement demandé de déterminer les conséquences possibles de l'abattage pour les animaux de la forêt. En effet, les 77,5% d'enfants de l'échantillon qui reconnaissent l'existence de telles conséquences, évoquent non seulement des conséquences directes (blessure-mort des animaux), mais aussi des conséquences écologiques (perturbation du biotope ou des chaînes alimentaires).

Mots clés

Age préscolaire – Interventions humaines dans l'écosystème – Raisonnement écologique

Abstract

This paper reports part of our research findings on the ways in which preschoolers understand human interventions within a forest ecosystem. The question addressed here is whether young children are capable of disapproving human actions upon forest plants or animals by interpreting them from an ecological perspective, namely as destruction of habitat or of food relationships. Conducting individual, semi-structured interviews with 4-5 - year old children, we first tested their ability to consider forest as a habitat and recognize simple food chains in it, and then we traced their reasoning about a series of human actions upon its plants and animals. This paper reports the results from the analysis of 40 transcribed interviews in regard with children's reasoning (opinions, criteria and consequences) about woodcutting. Our analysis - which has been performed within the environment of the qualitative research software NVivo - shows that 85% of our informants consider woodcutting as a negative human action, while the remaining 15% holds the opposite opinion. Except from the 17.5% that seem incapable of justifying their opinion (they remain silent, make irrelevant comments or use tautologies), children activate anthropo-centric criteria (45%), flora-centric criteria (30%) and less frequently fauna-centric criteria (7.5%). Although our informants do not spontaneously produce ecologically-oriented reasoning strands, they actually appear capable of engaging in ecological reasoning when they are explicitly required to state any possible consequences that woodcutting might have for the animals of the forest. In fact, the 77.5% who recognize the presence of such consequences, appeal not only to short term or direct consequences (animal death or injury), but also to long term or ecological ones (destruction of habitat or of food relationships).

Key Words

Early year education – Human intervention within ecosystems – Ecological reasoning

Introduction

La perception qu'ont les jeunes enfants des notions de base de l'écologie comme l'interaction des organismes entre eux et avec leur environnement, ainsi que des interventions humaines sur la nature, constitue un objet d'étude aussi bien dans le domaine de la didactique de la Biologie (Bailey & Watson, 1998 ; Katsiavou, Liopeta & Zogza, 2000 ; Leach, Driver, Scott & Wood-Robinson, 1996) que de celle de l'Éducation à l'Environnement (Ballantyne & Packer, 1996 ; Palmer, 1993 ; Palmer, 1994 ; Palmer & Suggate, 1996).

Manifestation peut-être la plus aisée à aborder de l'interaction dynamique caractérisant les écosystèmes, l'idée des relations alimentaires dans la pensée des jeunes enfants constitue la base préalable au développement d'une connaissance écologique. Explorant la compréhension de cette idée dans le cadre de chaînes et de réseaux alimentaires précis, la recherche de Katsiavou *et al.* (2000) a montré que même si la plupart des enfants interrogés reconnaissent avec succès les organismes participant aux chaînes et réseaux en question, près de la moitié d'entre eux ont besoin d'être orientés dans la reconnaissance de certaines relations alimentaires, en particulier si elles sont imbriquées dans le cadre de réseaux alimentaires. On constate de même une faiblesse des jeunes enfants à imaginer la perturbation à un niveau alimentaire, non seulement au niveau qui le suit immédiatement mais aussi aux niveaux qui en découlent. Plus précisément, il semble que les enfants ne perçoivent pas que la réduction des plantes dans un écosystème influencera tant les animaux directement liés à ces plantes dans la chaîne alimentaire, que tous les autres animaux de l'écosystème.

Par ailleurs, l'examen des perceptions des jeunes enfants concernant les questions de l'environnement, comme celle des forêts et de leur destruction par l'homme, l'effet de serre et la fonte des glaces polaires ou bien le traitement des ordures et l'idée du recyclage, montre que les enfants d'âge préscolaire rencontrent des difficultés dans la compréhension de tels sujets en termes écologiques (Palmer, 1993 ; Palmer, 1994 ; Palmer & Suggate, 1996). De façon plus analytique, dans la recherche qu'a menée Palmer aux USA et en Angleterre (1994), 60% des jeunes participants semblent avoir eu des problèmes dans la reconnaissance de la forêt en tant qu'habitat des animaux, tandis que 47% d'entre eux ne sont pas en mesure de reconnaître la moindre des conséquences écologiques de l'abattage. Cependant, il convient de noter que certains enfants peuvent établir un lien entre le déboisement et les inondations (*qu'est-ce qui va se passer avec la pluie ... l'eau, s'il n'y a pas d'arbres pour l'absorber*), ainsi que l'exposition des animaux à des conditions environnementales non désirables (*les animaux n'auront pas d'ombre*).

Enfin, l'impact sur les animaux, l'homme ou l'atmosphère est à ranger parmi les conséquences que reconnaissent les jeunes enfants dans le cas d'autres phénomènes d'origine humaine comme par exemple les incendies de forêt, l'augmentation du volume des ordures ou l'effet de serre. Ainsi, un certain nombre d'enfants de l'étude de Palmer sont-ils à même de faire un lien entre l'augmentation de la température et la fonte des glaces polaires ou les inondations, de même qu'à propos du traitement des ordures ils semblent être capables de comprendre à un certain degré l'idée du recyclage.

Il ressort des lignes ci-dessus que la notion de l'interaction dans un écosystème présente des difficultés pour les enfants d'âge préscolaire. Cependant, il apparaît utile d'étudier plus en détail dans quelle mesure son élaboration progressive figure dans les possibilités des jeunes enfants. Il convient de noter du reste que la recherche dans le domaine de la psychologie soutient que les enfants disposent d'une connaissance biologique élémentaire à partir d'un très jeune âge (Hatano & Inagaki, 1997 ; Keil, 1994). Cette connaissance élémentaire concerne la perception du vivant – non vivant, du corps, de l'hérédité ainsi que l'interaction des organismes entre eux et avec l'environnement (Zogza, à paraître).

Objectifs et questionnements de la recherche

Dans la ligne de recherche décrite ci-dessus, la présente étude a pour but d'examiner la manière dont les enfants d'âge préscolaire perçoivent les interventions humaines dans l'écosystème de la forêt. Nous nous demandons en particulier dans quelle mesure les jeunes enfants sont en situation d'interpréter une intervention humaine sur les plantes de la forêt – l'abattage – dans les termes de l'écologie comme le sont la perturbation du biotope ou la perturbation des relations alimentaires. Il est à noter cependant que nous nous sommes occupées d'une gamme plus large d'interventions en relation directe avec les plantes d'une part et avec les animaux de la forêt d'autre part (Andriotou, Ergazaki & Zogza, 2006).

La valeur pratique d'un tel objectif consiste à collecter des éléments issus de la recherche qui soient susceptibles de contribuer à l'élaboration d'interventions pédagogiques s'appuyant, du point de vue théorique, sur le modèle du constructivisme (Diver & Oldham, 1986 ; Hedegaard, 1990 ; Ravanis & Bagakis, 1998) et se situant sur deux axes : la construction de notions de base en écologie d'une part, la sensibilisation et le développement d'attitudes positives à l'égard de l'environnement d'autre part.

Deux questionnements de recherche distincts nous occuperont ici :

- quelle attitude adoptent les enfants d'âge préscolaire à l'égard d'une intervention humaine sur les plantes de la forêt comme l'abattage et à l'aide de quels critères justifient-ils leur attitude ?
- les enfants d'âge préscolaire perçoivent-ils qu'une intervention humaine sur les plantes de la forêt comme l'abattage influence aussi les animaux qui y vivent ? Si oui, quels types de conséquences sur les animaux reconnaissent-ils ?

Méthodologie

Sont présentés ici les résultats de l'analyse de 40 entretiens semi-directifs individuels menés auprès d'enfants d'âge préscolaire et concernant la manière dont ils perçoivent une intervention humaine sur les plantes de la forêt. Il s'agit de 30 élèves de grande section de maternelle et de dix enfants de moyenne section, âgés de 4-5 ans, issus de deux écoles de la ville de Pérama en Attique (Grèce).

Les entretiens ont eu lieu dans les locaux des deux écoles et duraient de huit à 17 minutes chacun. Après avoir tout d'abord dépisté la capacité des enfants à percevoir la forêt comme la "maison" des animaux et à y reconnaître l'existence de relations alimentaires simples, nous avons exploré leurs raisonnements à propos d'une série d'interventions humaines sur les plantes (abattage, incendie) et les animaux de la forêt (chasse, pêche, collecte d'escargots de la forêt).

Plus précisément, l'entretien était organisé en quatre unités : (a) introduction du thème (l'idée de la forêt, expériences et sentiments à ce sujet) ; (b) la forêt comme habitat (l'idée de la "forêt-maison" et l'idée des relations alimentaires) ; (c) interventions humaines sur les plantes et (d) interventions humaines sur les animaux de la forêt. C'est la troisième partie qui nous occupe ici, celle qui concerne les raisonnements des enfants (attitudes, critères, conséquences) relatifs à une intervention sur les plantes de la forêt.

L'abattage des arbres a été choisi car il nous a paru relativement familier aux jeunes enfants. Nous l'avons intentionnellement présenté sous une forme extrême (le bûcheron coupe tous les arbres de la forêt) afin qu'il fonctionne plus efficacement comme indice de l'aspect écologique que présenterait éventuellement le raisonnement des enfants. Ayant à sa disposition l'image du bûcheron coupant tous les arbres de la forêt, chaque enfant a été invité à décrire ce qui s'y passait, à le qualifier de bon ou de mauvais (attitude) et à expliquer pourquoi (critères). Enfin, il lui était explicitement demandé d'expliquer si l'intervention du bûcheron sur les arbres de la forêt pourrait influencer ou non les animaux qui y habitent (conséquences).

40 entretiens enregistrés ont été transcrits et traités en vue d'une codification dans le cadre du logiciel de recherche qualitative *Nvivo*. La codification a été réalisée suivant deux axes. Le premier concerne les critères de l'attitude des enfants à propos de l'intervention de l'abattage, le second touche aux conséquences de ladite intervention pour les animaux de la forêt.

Résultats

Concernant notre premier questionnement de recherche touchant aux attitudes et aux critères des enfants quant aux interventions sur les plantes de la forêt, les résultats de notre analyse montrent que l'abattage est considéré négativement par 85% de l'échantillon, alors que 15% le jugent positif (Tableau 1).

Tableau 1. Les attitudes des enfants

Attitude à propos de l'abattage	Fréquence absolue	Fréquence relative
Négative	34	85%
Positive	6	15%
Total	40	100%

Les enfants interrogés sont-ils pour autant en mesure de justifier leur attitude, positive ou négative, à propos de cette intervention sur les plantes de la forêt, et comment ? D'après nos résultats (Tableau 2), 82,5% d'entre eux peuvent justifier leur attitude, alors que 17,5% n'y parviennent pas, préférant recourir au silence, à des commentaires sans rapport ou à des tautologies (par exemple, ce que fait le bûcheron est mal parce qu'il coupe les arbres, il va couper les petits sapins).

Tableau 2. La mobilisation des critères

Critères de l'attitude à propos de l'abattage	Fréquence absolue	Fréquence relative
Oui	33	82,5%
Non	7	17,5%
Total	40	100%

Quel type de critères ces 82,5% de l'échantillon mobilisent-ils pour justifier leur attitude à propos de l'abattage ? L'analyse des entretiens des enfants a mis à jour une série assez étendue de critères qu'il est cependant possible de regrouper sous trois rubriques selon qu'ils se focalisent sur les plantes qui subissent elles-mêmes l'intervention (critères phytocentriques), sur l'homme (critères anthropocentriques) ou sur les animaux (critères zoocentriques).

Les critères phytocentriques utilisés par les enfants de notre échantillon à propos de l'abattage se subdivisent à leur tour en biologiques, anthropomorphiques ou naturalistes. De façon plus précise, ils se présentent ainsi :

- les critères biologiques se focalisent sur les plantes en tant qu'êtres vivants (par exemple, ce que fait le bûcheron est mal parce que *les arbres aussi sont vivants, ils veulent vivre, ils veulent grandir*) ;
- les critères anthropocentriques attribuent des caractéristiques et des réactions humaines aux plantes (par exemple, ce que fait le bûcheron est mal parce que *les arbres souffrent / pleurent / ont un cœur / parlent / sont tristes*) ;
- les critères naturalistes se centrent sur les plantes comme faisant partie de l'ordre naturel qui doit être conservé toujours intact (par exemple, ce que fait le bûcheron est mal parce que *les arbres s'abîment ... ils doivent toujours être là, à leur place, les arbres doivent rester des arbres ... là*).

Les critères anthropocentriques de notre échantillon concernant l'abattage se subdivisent à leur tour en utilitaires, esthétiques ou personnels-sentimentaux, soit :

- les critères utilitaires – apport de produits mettent l'accent sur le fait que les arbres apportent des produits utiles à l'homme comme le bois, les fruits ou même l'oxygène (par exemple, ce que fait le bûcheron est bien parce qu'il *va couper le bois et il va le brûler ou il va fabriquer des maisons*, c'est mal parce que *les arbres grandissent et ils nous donnent des fruits ou ils nous donnent de l'oxygène*) ;
- les critères utilitaires – apport de protection se concentrent sur le fait que les arbres constituent une protection pour l'homme contre le soleil ou, en absorbant les eaux de pluie, les inondations (par exemple *si on les coupe (les arbres) qui va boire l'eau ?, quand il pleut, les arbres doivent boire l'eau*) ;
- les critères esthétiques se focalisent sur l'esthétique de la forêt à la suite de l'intervention (par exemple, c'est mal parce que *ça va nous apporter de la poussière, ça ne me plaît pas à moi ... sans les arbres*) ;
- les critères personnels-sentimentaux se présentent, à titre indicatif, de la façon suivante : ce que fait le bûcheron est mal parce que *je plains les arbres, les pauvres/ils sont gentils, le Père Noël n'apportera pas de cadeaux*.

Enfin, pour ce qui est des critères zoocentriques, notons que, prenant la perturbation des relations alimentaires et celle du biotope en compte, ils sont forcément constitués de critères à caractère écologique. De manière plus détaillée :

- la perturbation des relations alimentaires renvoie à l'impossibilité à couvrir les besoins alimentaires des animaux de la forêt : par exemple il est mal de couper les arbres parce que *l'oiseau ne pourra pas manger de cerises parce qu'il n'y aura pas d'arbres dans la forêt* ;
- la perturbation du biotope des animaux concerne la perturbation du milieu dans lequel vivent et se développent les animaux de la forêt. Il en va ainsi de l'air qu'ils respirent, de leurs nids et plus généralement de toute la forêt comme étant leur maison (par exemple il est mal de couper les arbres parce qu'*ils donnent de l'air pur aux animaux, il y a des petits animaux qui habitent là*).

Si on fait abstraction de l'absence de justification que constitue la mobilisation de pseudo-critères à caractère tautologique ou le silence ou les commentaires sans rapport, les critères les plus fréquemment mobilisés sont anthropocentriques (45%) et phytocentriques (30%). En revanche, les critères zoocentriques constituant pour nous l'indice d'une pensée écologique de la part des jeunes enfants ne sont mobilisés que par 7,5% de l'échantillon (Tableau 3).

Tableau 3. Les critères des enfants

Types de critères sur l'abattage		Fréquence absolue	Fréquence relative
Anthropocentriques	Utilitaires - apport de produits	9	
	Utilitaires - apport de protection	3	
	Esthétiques	3*	18
	Personnels - sentimentaux	3*	45%
Phytocentriques	Biologiques	3	
	Anthropomorphiques	5	12
	Naturalistes	4	30%
Zoocentriques	Perturbation des chaînes alimentaires	1	
	Perturbation du biotope des animaux	2	3
Total		33	82,5%

(* Notons que l'un des enfants fait appel simultanément à des critères "esthétiques" et "personnels – sentimentaux" pour justifier son attitude à propos de l'abattage.)

Les données ci-dessus montrent que notre échantillon ne développe pas spontanément un raisonnement écologique dans le cadre de l'intervention de l'abattage. Que se passe-t-il néanmoins lorsque les enfants sont explicitement invités à envisager quelles peuvent être les éventuelles conséquences pour les animaux d'une telle intervention sur les plantes ? Comme le montre le Tableau 4, la plus grande partie de l'échantillon (77,5%) est en mesure de reconnaître l'interdépendance entre plantes et animaux dans le cadre de l'abattage, alors qu'une assez petite partie de l'échantillon, 22,5%, semble avoir un problème.

Tableau 4. L'idée "intervention sur les plantes – conséquences pour les animaux"

Intervention sur les plantes - conséquences sur les animaux	Fréquence absolue	Fréquence relative
Oui	31	77,5%
Non	9	22,5%
Total	40	100%

Quels types de conséquences pour les animaux reconnaissent les 77,5% de notre échantillon ? Au cours des entretiens, nous avons pu en dépister un certain nombre qu'il est possible de regrouper sous deux rubriques : les directes et les écologiques.

Les conséquences directes se traduisent par la mort ou la blessure des animaux du fait de l'abattage des arbres (par exemple *les animaux vont tomber comme ça par terre et ils vont se faire mal, peut-être qu'il y a un animal en haut de l'arbre, à l'intérieur et qu'il surgisse ... et qu'il se fasse mal, ils vont être tués et ils vont saigner*). En revanche, les conséquences écologiques renvoient aux perturbations dans les relations alimentaires (par exemple *les animaux n'auront pas à manger, ils n'auront pas de quoi manger, pas d'herbe, et ils ont coupé les arbres et ils n'avaient pas de quoi manger les pauvres, ils ont crevé*) ainsi que la perturbation du biotope des animaux.

La perturbation du biotope des animaux devient perceptible par notre échantillon par le biais d'une série de changements dans les conditions de vie dans la forêt qu'on peut regrouper ainsi :

- la destruction - perte de la maison des animaux (par exemple *les animaux habitent là, leur maison va être coupée et ils veulent avoir des arbres parce que ...*) ;
- la destruction - perte de la maison des animaux et migration (par exemple *ils partiraient, ils auront seulement leur nouvelle maison, la neuve, ils iront dans une belle forêt*) ;
- l'insuffisance d'oxygène (par exemple *ils n'auront pas d'air, il sera sale, ils ne respireront pas ... les feuilles ne leur donneront pas d'air, ils n'auront pas d'oxygène*) ;
- l'exposition à l'ennemi ou aux intempéries (par exemple *les animaux n'auront nulle part où se cacher dans les arbres, ils veulent des arbres et que les arbres les protègent, pour ne pas que les chasseurs les tuent, s'il pleut peut-être que la foudre va tomber et qu'elle va les tuer, ... les arbres ne peuvent pas leur faire de l'ombre, le soleil va les déranger*) ;
- la destruction du nid des animaux arboricoles (par exemple *mais le petit oiseau, sur quoi il va se poser ?, les animaux qui vivent sur l'arbre vont peut-être crever, ils ne vont peut-être pas trouver d'autre maison*).

Si nous faisons abstraction de la faiblesse de reconnaissance des conséquences sur les animaux qui caractérise 22,5% de l'échantillon, les conséquences écologiques présentent une fréquence de reconnaissance beaucoup plus importante (67,5%) que celle des conséquences directes (10%). De plus, au sein des conséquences écologiques, la perturbation du biotope (45%) apparaît beaucoup plus souvent que celle des relations alimentaires (22,5%, Tableau 5).

Tableau 5. Conséquences pour les animaux

Catégories des conséquences de l'abattage pour les animaux		Fréquence absolue	Fréquence relative
Directes	Blessures - mort immédiates	4	10%
Ecologiques Chaînes alimentaires	Faim	5	22,5%
	Famine et mort	4	
Ecologiques Perturbation du biotope	Destruction - perte de la «maison»	3**	45%
	Destruction - perte de la «maison» et migration des animaux	5	
	Insuffisance d'oxygène	4*	
	Exposition aux ennemis et aux intempéries	5*	
	Destruction du nid des animaux arboricoles	3	
Total		31	77,5%

(* Notons que deux enfants reconnaissent simultanément la conséquence de la "destruction – perte de la maison" et celle de l'"absence d'oxygène" pour l'un et l'"exposition aux ennemis et aux intempéries" pour l'autre)

Discussion

Il apparaît ici que les jeunes enfants ont une opinion concernant les questions écologiques comme c'est le cas des interventions humaines sur les plantes de la forêt. Dans sa grande majorité, notre échantillon qualifie l'abattage d'intervention négative.

Les justifications spontanées des enfants peuvent être qualifiées d'égocentriques puisqu'ils se basent de manière importante sur des critères anthropocentriques ainsi que sur des critères phytocentriques à caractère anthropomorphique. De plus, ces justifications sont centrées sur ce qui est directement perceptible, comme en témoigne le caractère immédiat des critères anthropocentriques aussi bien que phytocentriques que préfèrent les enfants. Enfin, il convient de noter que les enfants ont recours à des explications tautologiques comme à des pseudo-critères lorsqu'ils ne sont pas en mesure de justifier leur position.

Cependant, bien qu'égocentriques, focalisées sur la perception directe ou même tautologiques, les justifications spontanées des enfants ne manquent pas d'éléments de biologie ou de sensibilité à l'environnement. En particulier, le savoir biologique des enfants devient visible lors de l'utilisation de critères phytocentriques à caractère biologique, c'est-à-dire qui s'appuient sur l'identification des plantes à des organismes vivants et sur leur protection en tant que tels. De façon correspondante, la mobilisation de critères phytocentriques à caractère naturaliste, c'est-à-dire s'appuyant sur le classement des plantes comme une catégorie de l'ordre de la nature qu'il nous échoit d'entretenir, est considérée comme indicative de la sensibilité des enfants à l'environnement.

Il est particulièrement intéressant de constater qu'indépendamment du caractère proprement non écologique des explications spontanées de leur attitude à propos de l'abattage – lequel s'exprime ici par une mobilisation extrêmement limitée des critères zoocentriques –, les enfants sont en situation de prévoir des conséquences écologiques lorsque cela leur est explicitement demandé.

En effet, si l'on compare critères et conséquences, on constate, comme le montre le Tableau 6, que 65% de l'ensemble de l'échantillon reconnaît les conséquences écologiques de l'abattage pour les animaux, alors que, spontanément, il n'est pas fait appel à des critères zoocentriques pour expliquer l'attitude face à cette intervention.

Tableau 6. Critères et conséquences

Critères (fréquence de mobilisation)	Conséquences (fréquence de mobilisation)	
	Écologiques	Directes
Anthropocentriques	18 (45%)	4 (10%)
Phytocentriques	12 (30%)	4 (10%)
Zoocentriques	3 (7,5%)	-
Aucun	7 (17,5%)	3 (7,5%)
Total	40 (100%)	11 (27,5%)

A titre illustratif, notons le cas d'un enfant qui, alors qu'il recourt à une justification tautologique de son attitude négative à l'égard de l'abattage (ce que fait le bûcheron est mal parce qu' *ils vont couper les petits sapins*), lors de la recherche des conséquences pour les animaux, semble percevoir la perturbation du biotope sous la forme destruction – perte de la maison des animaux (ce que fait le bûcheron va déranger les animaux parce qu'*ils voulaient faire de la forêt leur maison*).

Il ressort donc de nos résultats que les jeunes enfants sont potentiellement capables de percevoir les interventions humaines au sein d'un écosystème en termes écologiques. Par conséquent, il apparaît pertinent de développer des activités d'apprentissage correspondantes, avec des objectifs notionnels concrets concernant d'une part les relations alimentaires et l'idée de leur perturbation dans le fil de la chaîne alimentaire et d'autre part la forêt comme habitat et les conséquences pour les animaux de sa destruction par l'homme. De telles activités pourraient aussi fonctionner comme moyen de sensibilisation à l'environnement des jeunes enfants, contribuant au développement de comportements responsables à l'égard de l'environnement.

Références bibliographiques

- Andriotou, E., Ergazaki, M. & Zogza, V. (2006, juin). *Exploring the conceptions of preschoolers about human interventions on the plants of a forest ecosystem*. Communication au 4^e Congrès Panhellénique pour les Sciences Naturelles dans l'Enseignement Préscolaire, Volos.
- Bailey, S. & Watson, R. (1998). Establishing basic ecological understanding in younger pupils : a pilot evaluation of a strategy based on drama/role play. *International Journal of Science Education*, 20(2), 139-152.
- Ballantyne, R.R. & Packer, J.M. (1996). Teaching and Learning in Environmental Education : Developing Environmental Conceptions. *The Journal of Environmental Education*, 27(2), 25-32.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Hatano, G. & Inagaki, K. (1997). Qualitative changes in intuitive biology. *European Journal of Psychology of Education*, 12(2), 111-130.
- Hedegaard, M. (1990). The zone of proximal development as basis for instruction. In L.C. Moll (Ed.), *Vygotsky & Education* (pp. 349-371). Cambridge : Cambridge University Press.
- Katsiavou, E., Liopeta, K. & Zogza, V. (2000). The understanding of basic ecological concepts by preschoolers : Development of a teaching approach based on drama / role play about independence of organisms. *Themes of education*, 1(3), 241, 262.
- Keil, F.C. (1994). The birth and nurturance of concepts by domains : The origins of concepts of living things. In L.A. Hirschfeld & S.A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind : Domain specificity in cognition and culture* (pp. 234-254). Cambridge : Cambridge University Press.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. & Wood-Robinson, C. (1996). Children's ideas about ecology 2 : ideas found in children aged 5-16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Science Education*, 18(2), 129-141.
- Palmer, J.A. (1993). From Santa Claus to sustainability : emergent understanding of concepts and issues in environmental science. *International Journal of Science Education*, 15(5), 487-495.
- Palmer, J.A. (1994). Acquisition of Environmental Subject Knowledge in Pre-school Children : An International Study. *Children's Environments*, 11(3), 41-53.
- Palmer, J.A. & Suggate, J. (1996). Environmental Cognition : Early ideas and misconceptions at the ages of four and six. *Environmental Education Research*, 2(3), 301-330.
- Ravanis, K. & Bagakis, G. (1998). Science Education in Kindergarten : Sociocognitive Perspective. *International Journal of Early Years Education*, 6(3), 315-327.
- Zogza, V. (à paraître). *Le savoir biologique des jeunes enfants*. Athènes : Metaixmio.

La polysémie du concept d'espace occupé : les différents sens du concept de volume selon la nature technique ou physico-mathématique des objets concernés

Colette Andréucci

• U.M.R. A.D.E.F., Institut National de Recherche Pédagogique
colette.andreucci@inrp.fr

Résumé

Les difficultés rencontrées par les enfants dans la construction de l'invariance et de l'arithmétisation du volume tiendraient pour partie à une même origine : l'antagonisme existant entre les propriétés à élaborer à propos du savoir logico-mathématique et celles qui rendent opératoire le sens premier qui s'attache à la notion de quantité d'espace occupé par les objets courants dans l'environnement à savoir le volume apparent en tant que pseudo-grandeur variable et relative. Le sens que les enfants donnent à ce que représente le volume d'une table et la façon dont ils appréhendent l'espace occupé par des tables gigognes confortent nos hypothèses. La notion d'espace occupé prend un nouveau sens avec l'enseignement dispensé à propos du volume mais sans régler pour autant la tendance qui consiste à amalgamer les différents aspects du concept.

Mots clés

Concept de volume – Espace occupé – Savoir logique – Savoir pragmatique

Abstract

Difficulties met by children in the construction of conservation and arithmetical properties of the volume would have a same origin : the antagonism existing between properties of logical and mathematical knowledge to elaborate and those that make operative the first meaning of the notion of quantity of busy space by usual object in the environment, namely the apparent volume as pseudo relative and variable quantity. The senses that children give to what represents the volume of a table and the manner of which they apprehend the busy space by nest of tables reinforce our hypotheses. The busy space notion takes a new meaning with the teaching dispensed about the volume but without ruling for as much the tendency that consists in amalgamate the different aspects of the concept.

Key Words

Concept of volume – Busy space concept – Logical knowledge – Pragmatical knowledge

Introduction

Une citation, bien connue des chercheurs qui s'intéressent à l'éducation technologique, nous permettra de rentrer directement dans le vif du sujet : "Voici une table. Elle peut être étudiée du point de vue mathématiques, elle a une surface, un volume ; du point de vue physique, on peut étudier son poids, sa densité, sa résistance à la pression ; du point de vue chimique, ses possibilités de combustion et de dissolution par des acides ; du point de vue des sciences humaines, l'origine et la fonction de la table pour les hommes". Haudricourt (1964) s'appuie sur cet exemple pour évoquer la multiplicité des regards que les artefacts peuvent susciter. A l'appui de la thèse selon laquelle la technologie doit être appréhendée en tant que science humaine, cet auteur souligne bien qu'en ce qui concerne les objets techniques, il est cependant un point de vue qui prime : celui de la fabrication et de

l'utilisation des objets par les hommes. Ceci paraît si vrai qu'on peut, selon nous, considérer que le fait de dire qu'une table a un volume n'a pas vraiment de sens. A tout le moins, un tel énoncé fait problème au plan conceptuel, ainsi que cet article envisage de le montrer en évoquant d'abord plus largement les difficultés auxquelles s'expose l'acquisition du concept de volume puis en s'appuyant sur des données relatives à la façon dont les élèves appréhendent concrètement un problème de volume de table.

L'acquisition du volume : bref état de la question

Piaget (1941, 1948) a consacré deux séries de travaux à la genèse du volume en tant qu'invariant physique¹ puis géométrique². Ces études princeps ont donné lieu à un nombre important de duplications (Auge & Lehalle 1986 ; Bovet, Domahidy-Dami & Sinclair, 1982 ; Elkind, 1961 ; Gréco, 1985 ; Lovell & Ogilvie, 1961 ; Nadel & Schoeppe, 1973 ; Rogers, 1982 ; Voulgaris & Evangelidou, 2003 ; White & Friedman, 1977 ; Wilkening, 1980) qui ont toutes, ou presque³, confirmé le retard systématique (par rapport à la découverte de la conservation de la quantité et du poids) de la dite acquisition, sans pour autant fournir des explications convaincantes des causes de ce décalage.

Dans le cadre des recherches menées en didactique des mathématiques la question de l'arithmétisation de ce concept a, elle aussi, été explorée de près (Ricco, Vergnaud & Rouchier, 1983) montrant que les propriétés liées à la trilinearité de cette grandeur s'acquièrent elles-mêmes lentement et difficilement.

Ces deux courants de recherche qui, l'un comme l'autre, ont ainsi été conduits à souligner la lenteur et la complexité de ces constructions cognitives ont toutefois travaillé selon des paradigmes totalement disjoints : l'un voué au développement en ce qu'il aurait de naturel et spontané dans le cadre d'une théorie constructiviste de la genèse des structures de l'intelligence, l'autre voué à l'étude de la construction des apprentissages scolaires sous l'effet direct de l'enseignement dispensé ; l'un concernant la période comprise entre quatre et 11-12 ans et l'autre celle comprise entre 11 et 15 ans ; l'un s'intéressant à l'enfant en tant que sujet épistémique et l'autre à l'enfant en tant qu'écolier, etc. Tout pourrait ainsi porter à croire qu'il existe en fait deux périodes clairement distinctes dans l'élaboration du concept de volume dont l'une s'achève (découverte de l'invariance) quand l'autre commence (arithmétisation), dont l'une relève de la maturation spontanée de l'esprit quand l'autre est du ressort de l'éducation, et surtout dont l'une et l'autre s'exposent à des obstacles totalement étrangers les uns aux autres.

L'hypothèse que nous avons avancée, dans le cadre d'une toute autre problématique⁴, permet cependant d'établir un lien entre ces approches. Le volume en tant que constante physique⁵ et grandeur mathématique s'exposerait à des difficultés d'autant plus grandes et persistantes que son enseignement ne prend pas en compte le concept sociotechnique voisin d'encombrement. Ce concept est pourtant sous-jacent au sens courant qui s'attache à l'idée de quantité de place prise ou d'espace occupé par les ustensiles ou instruments ordinaires dont l'enfant apprend à se servir dès son plus jeune âge. Le rôle moteur important que la théorie piagetienne accorde à l'action de l'enfant sur les objets trouve donc bien ici une confirmation à condition de ne pas traiter les objets de manière indifférenciée⁶ mais de considérer que l'action sur le réel est largement médiatisée par des instruments techniques qui incorporent eux-mêmes de l'intelligence humaine. Ainsi, comme nous l'avons montré (Andréucci, 2003 ; Andréucci & Roux, 1989) de multiples propriétés fonctionnelles des artefacts usuels (objets pliants, télescopiques, démontables, empilables, dégonflables, escamotables, etc.) favorisent une prise de conscience précoce de la variabilité et de la relativité⁷ du volume occupé par les objets correspondant à leur volume apparent (ou encombrement) dans l'environnement formé des autres objets qui les entourent ou les englobent. L'entrée par le calcul que l'enseignement des mathématiques privilégie (Menotti, 2001), au détriment d'une approche qualitative préalable du champ conceptuel plus large d'espace occupé, ne règle donc pas la question de l'obstacle épistémologique que constitue l'imbrication entre le volume vrai qui s'applique non pas aux objets mais aux corps physiques (cf. la plasticine contenue dans la boule et ses dérivés successifs) ou géométriques (cf. les solides : pavé, cube, cylindre, pyramide et boule étudiés au collège) et l'encombrement⁸

¹ Cf. l'épreuve classique des *boulettes d'argile* dans laquelle on part de l'égalité de grosseur reconnue par l'enfant de deux boules de pâte à modeler avant de transformer successivement (en boudin, galette, plusieurs, boulettes) l'une des deux et de l'immerger dans un verre d'eau, l'enfant étant à chaque fois invité à dire si le niveau montera pareil et si le solide immergé prend la même place que la boule témoin.

² Cf. l'épreuve dite *des îles* également connue sous le nom d'épreuve de l'architecte et dont le dispositif invite l'enfant à reconstruire (à partir d'un ensemble de cubes en bois) sur d'autres îles (carrés ou rectangles de surfaces différentes) une construction de volume identique (dans laquelle il y aura autant de place) à un plot témoin.

³ A l'exception de quelques études à caractère interculturelle conduites dans des pays non francophones et non industrialisés ce qui peut tendre à accrédiéter l'importance des aspects langagiers et des rapports aux objets techniques dans ce type d'acquisition.

⁴ Perspective visant à apporter une contribution à l'étude de la psychogenèse de l'intelligence technique chez l'enfant.

⁵ A égale concentration de matière ou égales conditions de température et de pression.

⁶ En mettant notamment sur un même plan les choses que produit la nature et celle que produit l'homme.

⁷ Par exemple une boîte à sucres disposée à plat l'intérieur d'un buffet y occupe la même quantité de place qu'elle soit vide ou pleine. Les sucres prendront en revanche plus ou moins de place dans la boîte selon que rangés dans un sens ou un autre, de manière homogène ou en vrac, on pourra en loger un nombre plus ou moins grand à l'intérieur.

⁸ Si ce n'est aussi la *contenance* en ce qui concerne les récipients dont le volume intérieur parasite la conservation des quantités de liquides comme nous avons aussi pu le montrer (Andréucci & Roux, 1992).

que les objets utilitaires rendent prégnant et caractéristique de la famille des récipients. C'est ce qu'on se propose ici d'illustrer en regardant à quoi les élèves assimilent précisément le volume d'une table et celui de deux tables gigognes. Mais précisons d'abord en quoi cette appréhension paraît plus précisément faire problème.

Problématique

Espace occupé et substance pour les enfants

En tant qu'elle est beaucoup plus qu'un simple matériau, les enfants auraient d'abord beaucoup de mal à ramener le volume d'une table à l'espace occupé par sa substance. Il est relativement évident pour l'adulte qu'il est impossible de parler de ce que représente le volume d'une table (ou de tout autre objet fabriqué non compact) sans qu'il en résulte une ambiguïté concernant le type de volume pris en compte : vrai (si, privilégiant l'objet idéal, on pense à celui du matériau incorporé dans l'objet) ou apparent (si, privilégiant l'objet matériel, on pense que l'espace vide situé sous la table s'incorpore à la place qu'elle prend dans l'environnement). Il est déjà moins trivial de considérer que ces deux points de vue se valent en ce sens que l'un et l'autre sont cohérents tout en restant insatisfaisants. Le premier d'entre eux (correspondant par exemple au point de vue du fabricant⁹ pour qui le cubage du matériau incorporé dans l'objet peut primer sur sa forme et ses dimensions finales) paraît critiquable dans le sens où il n'est plus vraiment question alors du volume de l'objet table en tant que catégorie concrète : c'est au contraire faire abstraction de toutes les propriétés empiriques qui donnent son sens à ce meuble que de le réduire ainsi à son volume de matière. Compte tenu des services distincts que des tables de dimensions différentes peuvent remplir (manger, servir à l'apéritif, etc.), l'utilisateur aurait tendance, quant à lui, à se représenter plutôt l'encombrement de la table, cette façon de voir les choses n'ayant, elle-même, pour défaut que de comporter un abus de langage dans le sens où parler de volume, sans plus de précision, serait alors contestable. Dans un cas, on aurait donc peu de respect envers l'objet et dans l'autre peu de respect envers le lexique.

Parler du volume d'une table serait ainsi nécessairement ambigu, soit que l'on pense au volume réel d'une table fictive ou virtuelle, soit que l'on pense au pseudo-volume de l'objet réel dont le concept même est indissociablement lié à un usage social¹⁰. La table, en tant qu'artefact (plutôt que simple corps physique ou géométrique), serait ainsi en quelque sorte condamnée à avoir simplement un volume apparent, pour ne pas dire un volume faux si, par opposition on qualifie de vrai la notion logique de volume. C'est pourquoi les enfants auraient tant de mal à admettre qu'un objet quel qu'il soit (boule de plastiline, cylindre en métal, etc.) conserve son volume après transformation ou changement de position sachant que rapporter l'espace occupé à la matière plutôt qu'à l'objet lui-même constitue une abstraction supplémentaire que la conservation du poids ne met pas en jeu, quant à elle.

L'appréhension à laquelle le volume géométrique de la table peut donner lieu ne serait pas plus simple

Cette appréhension supposerait que la table puisse être vue en tant que solide, c'est-à-dire en tant que portion d'espace limitée par une surface à la fois rigide et fermée. La notion de solide suppose bien, en effet, d'être associée à ces deux attributs de la notion de surface¹¹, dont l'une cependant – qui revient à privilégier l'invariance de la forme – devrait favoriser cette vision (de la table en tant que solide), tandis que l'autre – qui consiste à considérer qu'un solide creux ou vide occupe la même quantité de place – risque de la déformer en conduisant l'élève à identifier le solide que représente la table comme celui que constituerait un coffre de même dimensions. La difficulté consisterait donc, pour l'élève, à ne pas assimiler le volume de la table à celui du pavé droit qui sert de modèle à l'arithmétisation du volume du parallélépipède rectangle, auquel cas appartiendrait au volume de la table l'espace vide qu'elle enveloppe. Mais, cette difficulté serait d'autant plus importante qu'elle permettrait finalement de rendre conciliables (plutôt que conflictuelles) les conceptions résultant du rapport

⁹ Ou de celui qui voudrait par exemple recycler ces tables en bois de chauffage.

¹⁰ Cf. les études sur les représentations privilégiées qui montrent que la causalité intentionnelle inscrite dans l'action est nettement plus précoce que la causalité dans le monde physique (Corrigan, 1975 ; Cordier, 1993) ou les travaux sur la compréhension des catégories *ad hoc* (Barsalou, 1987) ou des classes collectives (Carbonnel, 1982 ; Andreucci, 1993) qui font état de la prégnance dominante des propriétés fonctionnelles des objets par rapport aux propriétés physiques.

¹¹ Baruk (1992) indique ainsi "A.1. Un solide est une portion de volume limitée par une surface rigide. Ainsi, un solide est un ensemble de points, c'est à dire une figure : c'est donc une idéalité, mais on peut en avoir des représentations à partir d'objets usuels tels que les présentent les manuels ; 2. Ces objets peuvent être pleins ou creux, pourvu qu'ils soient rigides : idéalisés, ils représentent la même 'configuration' de points de l'espace. Ainsi, lorsqu'il est dit qu'un cube est un solide et qu'il n'est défini qu'à partir de ses faces, c'est-à-dire de sa surface, sans qu'il soit dit s'il est plein ou creux, c'est parce que la place qu'il occupe - les 'endroits' enfermés dans sa surface - et la quantité de place occupée - c'est à dire son volume - ne changent pas pour autant. En revanche entre un cube de bois et un cube de pâte à modeler qui sont tous les deux pleins, il y a une différence de consistance importante : le premier est indéformable, le second non ; de même, une chambre à air de bicyclette et un anneau de rideau en métal évoquent la même forme, mais l'une se déforme et l'autre non".

savant et du rapport empirique à l'objet volume que l'éducation formelle d'une part, et informelle de l'autre, contribuent chacune et respectivement à former en totale ignorance l'une de l'autre.

Ainsi, en se conformant à l'application du mode de calcul enseigné en classe ($V = L \times l \times h$) l'élève parviendrait à la conclusion que deux tables de dimensions différentes ont aussi des volumes différents ce qui ne ferait que confirmer l'inégalité d'encombrement que l'enfant leur reconnaît déjà. Par ailleurs, les propriétés des grandeurs, telle que simplement l'additivité, s'appliqueraient d'autant plus difficilement à la notion de volume que, contrairement à la propriété qui veut, par exemple, qu'à un corps formé par la réunion de deux autres extérieurs l'un à l'autre est attaché comme volume la somme des volumes des deux autres, la réunion de deux tables gigognes à pour effet opposé de réduire leur encombrement total à celui de la plus grande de ces deux tables.

Procédure

Dans le cadre d'une interrogation écrite dont la passation s'est déroulée en classe sous le contrôle du chercheur, 125 élèves (63 au CM2 ; 30 en 6° et 32 en 5°) de niveau normal et de milieu socioculturel plutôt favorisé ont été soumis à l'énoncé suivant :

*Avec 55 dm³ de bois, un menuisier a fabriqué une table de 0,75 mètres de haut et dont le plateau mesure 1,50 mètres de long et 1 mètre de large. Il a également utilisé 55 dm³ de bois pour fabriquer une seconde table plus basse dont le plateau est plus épais mais de surface moins grande. Cette seconde table mesure 0,50 mètre de haut, 1 mètre de long et 0,75 mètre de large" (le dessin des tables était donné à côté). Question 1 : "ces deux tables ont-elles le même volume ?" Question 2 : quel est le volume de chaque table ?**

Cette enquête a été réalisée avant la mise en place des nouveaux programmes dans lesquels l'enseignement du volume traverse toute la scolarité du collège. A l'époque de la passation, le volume était seulement étudié au CM2 puis en classe de 5°.

Résultats

Le volume de la table est rarement assimilé au volume réel

Seuls 19 élèves sur les 125 interrogés (soit 15%) se prononcent en faveur de la réponse *ces deux tables ont le même volume* (Tableau 1). Les résultats sont donc très nets et sans surprise : le volume ne se réduit pas, aux yeux des enfants au volume du matériau incorporé dans l'objet surtout s'il s'agit comme ici de comparer le volume de deux objets dont le volume apparent est nettement contrasté. Par ailleurs, c'est en 6° que cette appréhension fait le plus défaut (chi deux = 19,73, $p < .001$).

Tableau 1. Répartition des réponses à la question "ces deux tables ont-elles le même volume ?"

	Oui	Non	N
CM2	11	52	63
6°	2	28	30
5°	6	26	32

Les élèves pensent trouver le volume de la table en composant ses dimensions

En ce qui concerne la question suivante, précisons d'emblée que c'est afin de ne pas surcharger inutilement l'énoncé par des données chiffrées qui auraient pu conduire les élèves à se lancer dans des calculs longs et non nécessaires que les dimensions relatives à l'épaisseur du plateau et à la surface des pieds n'ont pas été précisées. Toutefois nous avons pris la précaution a posteriori de vérifier auprès de deux groupes classe (en 6° et 4°) que la présence de ces mesures n'influençaient en rien les résultats. Ceci a été complètement confirmé puisque contrairement à nos attentes aucun élève n'a utilisé ces données dans les calculs qui ont été proposés.

A la question quel est le volume de chaque table, seuls cinq élèves ont répondu "55 dm³" (Tableau 2). Ces réponses émanent en outre, pour l'essentiel, des élèves du CM2 qui sont les moins bien familiarisés avec la formule de calcul du volume du pavé droit.

* La suite de l'énoncé est donnée plus loin afin de mieux sérier les questions étudiées.

Tableau 2. Distribution des réponses correspondant aux procédures utilisées pour déterminer le volume de chaque table

	CM2	6°	5°	N
Volume du bois (55 dm ³)	4	1	0	5
Multiplication des trois dimensions	30	2	13	45
Addition des trois dimensions	6	8	4	18
Surface du plateau	4	4	1	9
Demi-périmètre du plateau	2	0	0	2
Une dimension (L ou l ou h)	1	3	0	4
Comparaison qualitative (plus grande, ...)	3	1	3	7
Procédure non identifiée	6	4	1	11
Total sujets	56	23	22	101

On observe que le recours à la composition des trois dimensions est moins fréquent et plus souvent effectué de manière erronée par les élèves de 6° (cf. les stratégies additives déjà repérées par Ricco *et al.*, 1983). L'utilisation de la formule conduit en revanche la majorité des élèves de CM2 et de 5° à procéder au calcul d'une pseudo-grandeur correspondant au volume d'encombrement. L'algorithme de calcul se présente d'autant mieux comme un savoir dont la validité semble universelle que son application revient à déterminer une grandeur hybride qui, sur le plan qualitatif, est un composé des sens mathématique et pragmatique du concept.

Le volume d'encombrement calculé réalise donc finalement un bon compromis cognitif entre ce que les enfants ont appris dans des contextes différents. La généralisation de la formule apprise en classe permet de faire cohabiter en bonne intelligence le savoir acquis à propos du même objet (l'espace occupé) dans le cadre de deux institutions culturelles (vie quotidienne et école) qui se tiennent à distance l'une de l'autre.

Comme Ricco *et al.* (1983), on enregistre aussi des procédures de type surface ou demi périmètre (10% des réponses). Il est notable toutefois que ces procédures concernent ici exclusivement le plateau de la table, autrement dit la partie directement fonctionnelle de l'objet, contrairement aux réponses en termes de surface ou périmètre latéral obtenues par ces auteurs à propos de la contenance d'un aquarium ou d'une pièce. Ainsi peut-on dire que lorsque le volume reste confondu avec la surface, au moins cela n'est-il pas avec une surface fictive ou virtuelle mais plutôt avec la surface de l'objet qui est la plus prégnante au plan fonctionnel. Ce résultat rejoint donc lui aussi les constats que nous avons effectués à propos des différences intra individuelles d'appréhension de la notion de volume selon les ustensiles concernés (Andreucci, 1986). Avant de se représenter le volume d'un objet l'enfant se représente l'objet lui-même ce qui a pour effet que l'appréhension du volume qui en résulte dépend notamment de la fonction sociale attachée à ces artefacts.

La situation-problème des tables gigognes

La seconde partie du problème a pour but de voir si l'instabilité conférée au volume apparent peut cohabiter avec la reconnaissance de la conservation du volume réel et de voir quelles expressions langagières sont les plus appropriées pour rendre compte de telles conceptions. La suite de cet énoncé est la suivante :

Comme je ne me servais pas de la seconde table, je l'ai rangé sous la première. A propos de cette disposition quelles sont les affirmations qui sont vraies ? Coche celles qui te paraissent justes.

Neuf catégories de réponses sont proposées. Six d'entre elles expriment l'idée que le simple déplacement opéré a modifié quelque chose : *la place prise / le volume occupé / le volume lui-même* de la table la plus grande / *le volume total* formé par leur réunion spatiale. Les trois autres assertions traduisent l'opinion symétrique : le déplacement n'a rien modifié, soit quant au "volume des tables", soit quant à "l'espace qu'elles occupent", soit quant à "la place qu'elles prennent".

Degré de pertinence reconnu aux différents énoncés

La simple répartition dichotomique des jugements produits (75% en faveur de l'estimation d'un changement contre 25% pour l'opinion contraire) montre tout d'abord que le sentiment dominant est celui d'une instabilité engendrée par ce simple déplacement. En d'autres termes, la situation suggère majoritairement des points de vue de type non conservant, bien qu'il reste à voir si les discriminations opérées entre les énoncés peuvent aider à se faire une idée plus précise de ce qui, dans l'esprit des enfants, est soumis à instabilité. On constate, à cet égard (Tableau 3), que les assertions en faveur de la variation de l'espace occupé ne se valent pas toutes : trois d'entre elles font l'objet d'un fort consensus, mais deux autres de ces propositions obtiennent un taux d'adhésion faible et inférieur à celui que suscitent les énoncés de sens contraire (point de vue conservant).

Tableau 3. Pourcentages des adhésions apportées à chacune des propositions

Liste des affirmations		CM2 (N = 57)	6° (N = 20)	5° (N = 27)
Quelque chose a changé	La deuxième table ne prend plus de place	75	78	85
	Les deux tables prennent moins de place	60	65	78
	Le volume occupé par les deux tables a diminué	60	55	59
	Le volume occupé équivaut à celui de la 1ère table	39	50	41
	La deuxième table n'a plus de volume	25	35	37
	Les tables ont diminué de volume	18	15	4
Quelque chose est resté stable	Le volume des tables n'a pas changé	35	35	33
	Les deux tables prennent toujours autant de place	33	35	33
	Le volume occupé par les deux tables n'a pas changé	31	30	29
Effectif des réponses		217	81	106

C'est l'énoncé *la deuxième table ne prend plus de place* qui traduit le mieux l'appréciation portée sur cette situation : 75% des élèves de CM2, 78% des élèves de 6° et 85% des élèves de 5° approuvent cette proposition¹². Plus de la moitié des élèves admettent aussi que l'on puisse dire que *les deux tables prennent moins de place* et/ou que *le volume occupé par les deux tables a diminué*. L'analyse intra-individuelle des réponses montre, en outre, que sauf exception (quatre élèves) tous les sujets ont reconnu comme pertinent au moins l'un de ces trois énoncés.

En nombre plus limité mais encore relativement élevé sont les enfants qui estiment juste de dire que *le volume occupé équivaut à celui de la première table* (39% au CM2, 50% en 6° et 41% en 5°). En revanche, la validité des formulations qui portent, non plus sur une réduction de la place prise ou du volume occupé, mais sur une variation du volume proprement dit est davantage contestée. Compte tenu de la possibilité qu'ils avaient d'opter en faveur d'affirmations plus polysémiques, on peut certes regretter toutefois qu'un élève sur quatre ou plus accepte qu'on puisse dire aussi que *la deuxième table n'a plus de volume*. Le fait que cette opinion se renforce en 6° et 5° (chi deux = 26,64, $p < .001$), au lieu de régresser de classe en classe, semble en outre confirmer que l'enseignement dispensé ne contribue pas à réduire la polysémie qui entoure le concept de volume.

Les élèves qui apportent leur crédit à l'énoncé *les tables ont diminué de volume* sont toutefois nettement moins nombreux (18% au CM2, 15% en 6° et 4% en 5°). Si cette phrase n'apparaît donc pas équivalente à la précédente dans l'esprit des enfants, c'est sans doute parce qu'au lieu de suggérer un point de vue sur l'encombrement du dispositif spatial cet énoncé a au contraire tendance à être décodé en tant qu'affirmation qui s'applique au volume de chaque table. Les élèves rejetteraient donc plus facilement cet énoncé en ce sens que l'encombrement de la plus grande des tables est, de fait, resté le même. On retrouve d'ailleurs cette différence au niveau des affirmations qui semblent les plus pertinentes : dire que *la deuxième table ne prend plus de place* paraît plus juste que de dire que *les deux tables prennent moins de place*, le pluriel supposant que la caractéristique dont il est question s'applique à chaque objet plutôt qu'à l'ensemble réalisé par leur regroupement spatial.

Il s'avère donc que les deux propositions pouvant le mieux témoigner d'un point de vue non conservant (*la deuxième table n'a plus de volume*, *les tables ont diminué de volume*) sont finalement celles qui ont suscité les taux d'accord les plus faibles. Les trois énoncés plaidant en faveur de l'idée d'invariance ont reçu une proportion de suffrages un peu plus élevée : à chacun des niveaux d'enseignement considérés, de 35 à 30% des élèves estiment pertinent d'affirmer que *le volume des tables*, et/ou *le volume qu'elles occupent*, et/ou *la place qu'elles prennent* n'ont pas changé.

On observe en outre que les énoncés de cette catégorie, contrairement aux autres, sont apparemment interprétés de manière sensiblement homogène. D'où l'idée d'aller vérifier si ces affirmations avaient, de surcroît, été approuvées par les mêmes élèves. L'analyse intra-individuelle des réponses le confirme : à de rares exceptions près, tous ceux qui pensent qu'il est fondé de dire que *les deux tables prennent toujours autant de place* approuvent aussi l'une au moins des deux autres phrases¹³. On peut donc dire que les enfants qui semblent se prononcer en faveur de la conservation de l'espace occupé semblent aussi avoir acquis la possibilité d'exprimer cette conviction de diverses manières en parlant indifféremment du "volume des tables" ou du "volume qu'elles occupent" et "de la place qu'elles prennent". Ainsi apparaît-il assez manifeste que *la découverte de la conservation du volume semble aller de pair avec le progrès langagier* qui consiste à ne plus référer exclusivement l'expression polysémique de "quantité de place prise" à l'encombrement.

Convient-il pour autant d'avancer qu'une proportion non négligeable d'enfants semble ainsi capable, pour peu évidemment qu'on en offre comme ici l'occasion, de faire la part des choses entre ce qui relève de l'instabilité du volume apparent lié à l'objet et ce qui relève de la conservation du volume réel lié à la substance incorporée ? C'est la question qu'il convient d'examiner pour finir.

¹² Il s'agissait pourtant d'une assertion négative dont on sait (cf. Bacher, 1982) qu'elles sont en général plus difficiles à approuver que les énoncés libellés sous la forme positive. Ces pourcentages peuvent donc s'en trouver affaiblis.

¹³ Ceci n'exclut pas l'apparition de quelques jugements contradictoires émanant d'élèves qui approuvent à la fois l'énoncé "les deux tables prennent moins de place" et la proposition contraire "les deux tables prennent toujours autant de place".

Discordance et concordance des points de vue

L'analyse intra-individuelle des réponses a été conduite dans le but de repérer les sujets pour qui *le volume paraît stable et l'encombrement instable*. De ces sujets, il convenait toutefois d'exclure ceux qui ont manifesté des points de vue contradictoires que cela soit à propos de la place prise, du volume occupé, ou du volume proprement dit. Cela n'aurait pas grand sens, en effet, de dire que chez certains enfants la non conservation du volume apparent coexiste avec la conservation du volume réel en se basant sur des points de vue instables. Quitte à avoir ainsi procédé au repérage de ces contradictions, on examinera d'abord quelle est leur ampleur.

Tableau 4. Pourcentages des appréciations contradictoires portées sur les différents énoncés

Affirmations conjointement tenues pour vraies	CM2 (N = 57)	6° (N = 20)	5° (N = 27)
“Les deux tables prennent toujours autant de place” et “Les deux tables prennent moins de place”	10,5	5	22
“Les deux tables prennent toujours autant de place” et “La deuxième table ne prend plus de place”	19	25	18,5
“Le volume occupé par les deux tables n'a pas changé” et “Le volume occupé équivaut à celui de la première table”	10,5	30	7
“Le volume occupé par les deux tables a diminué” et “Le volume occupé par les deux tables n'a pas changé”	10,5	15	11
“Le volume des tables n'a pas changé” et “La deuxième table n'a plus de volume”	3,5	5	7
“Le volume des tables n'a pas changé” et “Les tables ont diminué de volume”	0	5	3,5

Contrairement à ce qu'on pouvait espérer, il ressort en premier lieu (Tableau 4) que ces jugements discordants ne s'atténuent pas avec l'âge, et s'avèrent dans certains cas relativement répandus : en 6°, un élève sur quatre estime ainsi à la fois que les deux tables prennent toujours autant de place et que la deuxième n'en prend plus, et près d'un élève sur trois pense que le volume occupé par les deux tables n'a pas changé bien qu'il soit considéré comme désormais équivalent à celui de la première table.

Pour qu'on puisse vraiment parler de points de vue discordants plutôt que simplement oscillants, il faudrait cependant être sûr que ces énoncés s'opposent vraiment dans l'esprit des élèves. Au lieu de cela, il se pourrait simplement que la polysémie des expressions “place prise” et “volume occupé” serve à concilier l'incapacité dans laquelle nombre d'élèves se trouvent de différencier clairement le volume apparent et le volume réel.

On relève que ce sont finalement les assertions relatives au volume proprement dit qui engendrent le moins de points de vue discordants : 7% au plus des élèves (en 5°) admettent qu'il est juste de dire à la fois le volume des tables n'a pas changé et que la deuxième table n'a plus de volume. Le caractère invariant ou non du volume proprement dit est donc ce qui est le moins sujet à fluctuation.

L'incohérence des points de vue apparaît nettement plus forte en ce qui concerne les énoncés relatifs au volume occupé : on constate notamment que 30% des élèves de 6° approuvent que le volume occupé par les deux tables n'a pas changé mais aussi que le volume occupé équivaut à celui de la plus grande table. L'expression volume occupé serait en conséquence la plus polysémique d'entre toutes ou celle dont le sens est le plus difficile à fixer.

Le recensement des points de vue convergents (Tableau 5) semble d'ailleurs le confirmer. Chez les élèves de 6°, on enregistre à propos de ces deux énoncés autant de jugements contradictoires que de points de vue consistants. Les appréciations portées sur “la place prise” bénéficient d'une cohérence nettement plus forte en étant majoritairement favorables au caractère instable de la notion de volume apparent, ce qui remet en cause la légitimité de l'utilisation de cette expression dans les épreuves piagétienne de conservation.

Tableau 5. Pourcentages des appréciations convergentes portées sur les différents énoncés

Affirmations conjointement tenues pour vraies	CM2 (N = 57)	6° (N = 20)	5° (N = 27)
“Les deux tables prennent moins de place” et “La deuxième table ne prend plus de place”	51	55	67
“Le volume occupé par les deux tables a diminué” et “Le volume occupé équivaut à celui de la première table”	26	30	30

Il convient, pour finir de voir combien d'élèves – à l'exception de tous ceux dont les points de vue antagonistes ou instables ont déjà été recensés – parviennent, pour leur part, à concilier l'idée que la place prise varie mais que le volume proprement dit se conserve. Il est manifeste (Tableau 6) que ces enfants sont peu nombreux. Par ailleurs, force est de constater qu'on ne note pas de progrès avec l'âge de la capacité à discerner les deux facettes du concept.

Tableau 6. Pourcentages des sujets pour qui la place prise ne se conserve pas contrairement au volume

Affirmations tenues pour vraies	CM2 (N = 57)	6° (N = 20)	5° (N = 27)
“Le volume des tables n’a pas changé” et “Les deux tables prennent moins de place”	14	20	18,5
“Le volume des tables n’a pas changé” et “La deuxième table ne prend plus de place”	17,5	15	11
“Le volume des tables n’a pas changé” et “Les deux tables prennent moins de place” et “La deuxième table ne prend plus de place”	12	15	11

D'après ces résultats, il semble bien malgré tout que la connaissance de l'instabilité propre au volume apparent soit conciliable avec celle de l'invariance conférée à la notion de volume vrai. Ce n'est d'ailleurs pas tant dans le fait que ces deux modes d'appréhension puissent en venir à cohabiter dans l'esprit des élèves que réside l'intérêt de ce constat, mais dans le fait que ces conceptions puissent, comme ici émerger conjointement sachant que, les tâches (domestiques, expérimentales ou scolaires) auxquelles les enfants sont habituellement confrontés activent au contraire préférentiellement l'une ou l'autre de ces conceptions sans que les psychologues, les pédagogues ou les sujets eux-mêmes soient conscients du choix conceptuel ainsi induit et réalisé.

Dans la plupart des situations le fait de convoquer ces deux conceptions reviendrait d'ailleurs pour l'enfant à se placer en état de dissonance cognitive ce que tout sujet cherche généralement à éviter. La difficulté consiste donc en définitive à trouver des dispositifs dans lesquels ces deux conceptions peuvent être simultanément sollicitées sans être nécessairement perçues comme antagonistes. Le fait de pouvoir comme ici les associer à des signifiants différents aura facilité cette possibilité.

Conclusion

Ce travail invite à reconsidérer les deux types de postulats sous-jacents aux recherches jusqu'ici conduites à propos de la conceptualisation du volume : le premier voulant que tout se passe comme si le progrès du raisonnement logique, qui conduit à la découverte vers 11-12 ans de l'invariance physique et géométrique de cette grandeur, ne devait rien au statut d'objet savant que ce savoir acquiert pour l'élève de cet âge qui apprend à le concevoir en tant que produit de mesures ainsi compensables entre elles ; le second voulant que tout se passe comme si le rapport idoïne que l'école cherche à installer à cette notion en tant que grandeur trilineaire n'était plus soumis aux difficultés que pose la reconnaissance du volume en tant que quantité qui se conserve.

Contrairement à la première de ces idées, l'intervention de l'école paraît décisive, en ceci qu'elle permet d'associer un nouveau sens, un nouveau mot et un nouveau registre de schèmes d'action à la notion de quantité d'espace occupé.

Si comme Lebesgue (1975) l'a souligné “c'est à transporter des triangles ou des tétraèdres, à décomposer des corps en parties respectivement égales ou équivalentes” qu'on se familiarise à l'école avec les propriétés arithmétiques des grandeurs mathématiques telle que le volume, c'est en revanche à transporter ou à monter et démonter (cf. les objets en kit) ou à transformer non pas des “corps dans le pur espace” mais des “objets techniques dans l'environnement” qu'on se familiarise, très tôt et en dehors de l'école, avec la relativité et la variabilité de l'encombrement (en tant que triplet de “longueurs-dimensions” non composables, non interchangeables et non compensables entre elles) qui reste néanmoins désigné par des expressions ambiguës.

Contrairement à la seconde de ces idées, il paraît assez clair d'après nos résultats que la façon dont l'enseignement du volume est conçu et mené (primat accordé au quantitatif et au calcul au détriment et d'une approche qualitative des grandeurs mesurées) ne permet donc à l'élève de dépasser le caractère conflictuel que présentent entre elles les propriétés des différents aspects (logico-mathématique vs praxéologique) du “champ conceptuel” (Vergnaud, 1990) d'espace occupé. Mieux que cela, en l'absence des conditions qui en fixerait le champ de validité, le savoir enseigné est transféré à des situations dans lesquelles sa légitimité peut d'autant moins être remise en question qu'il permet de réaliser un compromis entre le volume et l'encombrement.

Références bibliographiques

- Andreucci, C. (1986). Les représentations de la notion de volume chez les élèves de CM2, 6° et 5°. In J. Vivier (Ed.), *Les problèmes de l'élève à l'école élémentaire* (pp. 121-135). Caen : Editions de l'Ecole Normale du Calvados.
- Andreucci, C. (1993). Le rôle des supports matériels dans la résolution des épreuves opératoires : le cas des classifications, de l'inclusion et de la conservation d'une quantité continue. *Rapport de recherche*. Paris : I.N.R.P.
- Andreucci, C. (2003). Comment l'instabilité du volume vient aux enfants ? *Enfance*, 2, 139-158.
- Andreucci, C. & Roux, J.P. (1989). Présentation pratique et numérique de problèmes de volume : une hypothèse socio-cognitive relative aux différents modes de résolution utilisés. In J.M. Monteil (Ed.), *La psychologie scientifique et ses applications* (pp. 275-288). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Andreucci, C. & Roux, J.P. (1992). Savoir comparer les contenances pour pouvoir conserver les quantités contenues. *Enfance*, 46(1-2), 79-98.
- Auge, G. & Lehalle, H. (1986). Effets de "signification" et de conservation du volume. *Enfance*, 1, 43-51.
- Bacher, F. (1982). *Les enquêtes en psychologie*. Lille : Presses Universitaires de Lille.
- Barsalou, L.W. (1987). The instability of graded structure : implications for the nature of concepts. In U. Neisser (Ed.), *Concepts and conceptual Development. Ecological and intellectual factors in categorization* (pp. 101-140). Cambridge : Cambridge University Press.
- Baruk, S. (1992). *Dictionnaire des mathématiques élémentaires*. Paris : Dunod.
- Bovet, M., Domahidy-Dami, C. & Sinclair, H. (1982). Conservation and décalage. *Human Development*, 25, 201-214.
- Carbannel, S. (1982). Influence de la signification des objets dans les activités de classification. *Enfance*, 3, 193-210.
- Cordier, F. (1993). *Les représentations cognitives privilégiées*. Lille : Presses Universitaires de Lille.
- Corrigan, R. (1975). A scalogram analysis of the development of the use and comprehension of "because" in children. *Child Development*, 46, 195-201.
- Elkind, D. (1961). Children's discovery of the conservation of mass, weight and volume : Piaget replication study II. *The Journal of Genetic Psychology*, 98, 219-227.
- Greco, P. (1985). Conservations : homogénéité et hiérarchie des performances. Une étude à propos des décalages. In J. Bideaud & M. Richelle (Eds.), *Psychologie développementale. Problèmes et réalités* (pp. 77-92). Bruxelles : Mardaga.
- Haudricourt, A. (1964). La technologie, science humaine. *La pensée*, 115, 28-35.
- Lebesgue, H. (1975). *La mesure des grandeurs*. Paris : Librairie scientifique et technique Albert Blanchard (1^{re} éd. 1931).
- Lovell, K. & Ogilvie, E. (1961). The growth of the concept of volume in junior school children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2, 118-126.
- Menotti, G. (2001). *Pratiques institutionnelles et contrat didactique lors du processus d'enseignement de la notion de volume au collège*. Thèse de Doctorat. Paris : Université Paris V.
- Nadel, C. & Schoeppe, A. (1973). Conservation of mass, weight and volumes as evidenced by adolescents girls in eight grade. *The Journal of Genetic Psychology*, 122, 309-313.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1941). *Le développement des quantités chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux & Niestlé.
- Piaget, J., Inhelder, B. & Szeminska, A. (1948). *La géométrie spontanée de l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Ricco, G., Vergnaud, G. & Rouchier, A. (1983). Représentation du volume et arithmétisation, entretiens individuels avec des élèves de 11 à 15 ans. *Recherches en didactiques des mathématiques*, 4, 1.
- Rogers, K.W. (1982). Regression in the performance of australian boys and girls on a volume conservation task. *The journal of Genetic Psychology*, 140, 221-228.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactiques des mathématiques*, 10(2-3), 133-171.
- Voulgaris, S. & Evangelidou, A. (2003). Volume conception in late primary school in Cyprus. In A. Gatatsis & S. Papastavridis (Eds.), *Proceedings of the International Conference The Decidable and the Undecidable in Mathematics Education* (pp. 24-27). Brno, Czech Republic : Alan Rogerson.
- White K.M. & Friedman, B. (1977). Conservation of volume in college students : challenging Elkind. *The journal of Genetic Psychology*, 131, 183-193.
- Wilkening, F. (1980). Development of dimensional integration in children's perceptual judgment : experiments with area, volume and velocity. In F. Wilkening, J. Becker & T. Trabasco (Eds.), *Information, integration by children* (pp. 47-69). Hillsdale, NJ : Erlbaum.

Reconstruction des représentations spontanées des élèves : la formation des ombres par des sources étendues

Christos Dédès* et Konstantinos Ravanis**

* Enseignement secondaire et Département des Sciences de l'Éducation,
Université de Patras, Grèce
dechri@sch.gr

** Département des Sciences de l'Éducation (Section Préscolaire),
Université de Patras, Grèce
ravanis@upatras.gr

Résumé

Menée en Grèce auprès d'élèves âgés de 12 à 16 ans, cette recherche a pour objet la reconstruction des représentations qu'ils se font de l'émission de la lumière et de la formation d'ombres à partir de sources lumineuses étendues. Elle a été réalisée en deux phases, chacune ayant des objectifs distincts. Dans la première, les circonstances étaient établies de manière telle que, dans le cadre de situations expérimentales précises, les prévisions des élèves étaient systématiquement démenties par les résultats, et ce dans le but de déstabiliser leurs représentations mentales alternatives. La deuxième phase était constituée d'une intervention didactique expérimentale basée sur le modèle de l'optique géométrique et dont les caractéristiques étaient issues de l'expérimentation historique de Kepler. On cherchait alors, par le biais des interactions didactiques, à amener les représentations initiales à une réorganisation et à leur reconstitution au niveau du modèle scientifique accepté. L'efficacité de cette intervention a été évaluée deux semaines plus tard par le biais de tâches reposant sur le même contenu cognitif mais d'un contenu empirique différent. Les résultats de la recherche ont montré que la majorité des sujets ont adopté le modèle de l'optique géométrique, c'est-à-dire qu'ils étaient en mesure de prévoir correctement et de justifier de façon consistante les résultats expérimentaux sur la base du principe de l'émission "non cohésive" (punctiform) de la lumière. Les implications éducatives et les perspectives de recherche sont ensuite discutées.

Mots clés

Didactique de la physique – Histoire des Sciences – Optique géométrique – Reconstruction des représentations des élèves

Abstract

This research, carried out in Greece on pupils aged 12-16, focuses on the transformation of their representations concerning light emission and image formation by extended light sources. The instructive process was carried out in two stages, each one having a different, distinct target set. During the first stage, the appropriate conflict conditions were created by contrasting the subjects' predictions with the results of experimental situations inspired by the History of Science, with a view to destabilizing the pupils' alternative representations. During the second stage, the experimental teaching intervention was carried out; it was based on the geometrical optics model and its parameters were derived from Kepler's relevant historic experiment. For the duration of this process and within the framework of didactical interactions, an effort was made to reorganize initial limited representations and restructure them at the level of the accepted scientific model. The effectiveness of the intervention was evaluated two weeks later, using experimental tasks which had the same cognitive yet different empirical content with respect to the tasks conducted during the intervention. The results of the study showed that the majority of the subjects accepted the model of geometrical optics, i.e. the pupils were able to correctly predict and adequately justify the experimental results based on the principle of punctiform light emission. Educational and research implications are discussed.

Key Words

Didactics of physics – Geometrical optics – History of Science – Restructuring of pupils' representations

Introduction

Dans la didactique des Sciences Physiques, les recherches sur les représentations des élèves concernant l'interprétation des effets de la lumière sont réalisées, souvent, dans le cadre de l'hypothèse d'une émission de la lumière à partir de sources ponctuelles. Cependant, dans les chapitres d'optique enseignés, il existe des phénomènes dont la compréhension exige l'utilisation de sources lumineuses ayant des dimensions mesurables (chambre obscure, formation d'ombres, instruments optiques, reflets dans des miroirs plats et concaves/convexes, reflets de lampes et de prismes). Dans le cadre de la présente étude, les résultats d'une série de recherches accréditent l'idée que les élèves approchent, et cela même après un enseignement scolaire, lesdits phénomènes par le biais de représentations qui, dans une large mesure, divergent des modèles interprétatifs des Sciences Physiques. A partir de l'étude de la bibliographie afférente (Fawaz & Viennot, 1986 ; Feher & Rice, 1988 ; Galili, 1996 ; Galili, Bendall & Goldberg, 1993 ; Goldberg & McDermott, 1987 ; Rice & Feher, 1987) ainsi que des résultats de notre étude préparatoire (pré recherche), nous avons pu constater que les schémas interprétatifs des élèves dépendent étroitement de la manière dont ils perçoivent l'émission de la lumière à partir de sources étendues. La codification de ces approches alternatives conduit à la distinction de trois catégories de représentations :

1. représentations d'une émission "holistique"¹ et de propagation de la lumière dans une direction privilégiée (la source émet comme un tout cohérent et les rayons lumineux transportent sa forme dans une direction horizontale) (Figure 1, a) ;
2. représentation d'une émission de type radial (la source, indépendamment de sa forme, rayonne dans l'environnement comme une surface sphérique imaginaire, à partir de chaque point de laquelle est émis un rayon lumineux perpendiculairement à sa surface) (Figure 1, b) ;
3. représentations d'une émission composite (émission simultanée des deux manières décrites plus haut avec prévalence du schéma holistique) (Figure 1, c).

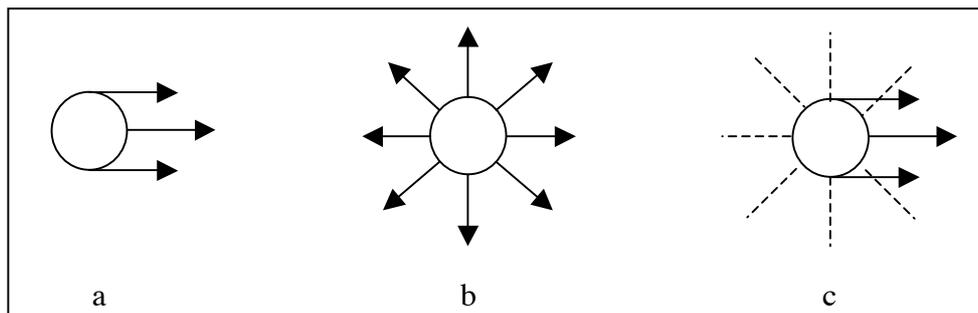


Figure 1. Représentation schématique des représentations alternatives des élèves

Dans la présente recherche, nous entreprenons de transformer les représentations des élèves liées à la formation d'ombres à partir de sources lumineuses étendues et cela en les faisant participer à des activités expérimentales ayant pour objectif de réorganiser leurs outils mentaux. Dans la théorie du constructivisme social, cette transformation exige et présuppose l'ébranlement de la structure cognitive existante, ce qui peut se faire dans le cadre d'une interaction sociale. Cette dernière n'est pas à prendre au sens d'une intervention générique de différentes influences de nature sociale, mais au sens d'une activité didactique organisée, dont les caractéristiques sont prédéterminées (Doise & Mugny, 1981 ; Lemeignan & Weil-Barais, 1993 ; Perret-Clermont, 1986). Dans leurs travaux, les représentants de ce courant analysent la dynamique sociale qui médiatise la relation de l'enfant avec l'objet de savoir et proposent la participation active de l'enseignant à la création de situations capables de provoquer la déstabilisation des schèmes de pensée du sujet, fonctionnant comme une source d'oppositions de nature sociale directement reliée à la dynamique interactive d'une situation expérimentale (Gilly & Roux, 1988 ; Ravanis, Koliopoulos & Hadzigeorgiou, 2004 ; Weil-Barais, 1994). En ce qui concerne la réorganisation des représentations des enfants, une problématique fertile s'est aussi développée ces dix dernières années où le rôle de médiateur de l'enseignant consiste d'une part à s'impliquer activement dans le diagnostic des contradictions des élèves et d'autre part à répondre à ces contradictions en présentant et en mettant en œuvre un modèle compréhensible, suscitant l'intérêt des enfants et les amenant à changer leurs idées contradictoires et à adopter les points de vue scientifiques (Roth, Anderson & Smith, 1987). Autrement dit, lorsqu'elle suit la phase de déstabilisation cognitive, l'implication des enfants à la mise en œuvre du modèle correct peut fonctionner de façon profitable à l'apprentissage, facilitant l'évolution des représentations et la systématisation logique des idées des élèves (Ravanis, 2005).

¹ Voir notamment Galili (1996).

La formation des ombres par des sources étendues

Dans des exercices d'optique de type exercices de calcul où il est demandé de prévoir la forme et de calculer les dimensions de l'ombre d'un objet opaque placé devant une source lumineuse ponctuelle, les problèmes sont relativement faciles à résoudre par l'application des principes fondamentaux de l'optique géométrique, c'est-à-dire le principe de la propagation rectiligne de la lumière : les droites (imaginaires) qui partent de la source et atteignent les limites de l'objet déterminent les formes stables de l'ombre portée ; quant à sa dimension, elle dépend de la distance entre l'objet et la surface sur laquelle l'ombre se projette. Mais dans le cas où la source a des dimensions quantifiables, le problème est compliqué par le fait que la forme de l'ombre ne reste pas stable. Alors qu'à une distance relativement petite l'ombre conserve la forme de l'obstacle opaque, à une grande distance, elle change et prend la forme de la source. Dans l'Histoire des Sciences, le problème² a occupé – sans succès – scientifiques et philosophes depuis l'Antiquité (Aristote, 1952) jusqu'au Moyen-âge tardif, suscitant de nombreuses approches interprétatives qui, dans bien des cas, dépassaient les dimensions du problème particulier et touchaient les axiomes et principes fondamentaux de l'optique (Lindberg, 1968). Au début du XVII^e siècle, adoptant le principe de l'émission non cohésive de la lumière d'Al Haytham (Alhazen) comme il l'avait énoncé dans son livre *On the shape of the eclipse* (*De la forme de l'éclipse*, cité par Straker, 1971, p. 555), Kepler (1604/2000, p. 56) réalise une représentation mécaniste du phénomène en trois dimensions et donne la solution définitive au "mystère". Il considérait la lumière comme un ensemble infini de points lumineux, chacun d'entre eux rayonnant de façon autonome dans toutes les directions, de la même manière et en ligne droite (Figure 2).

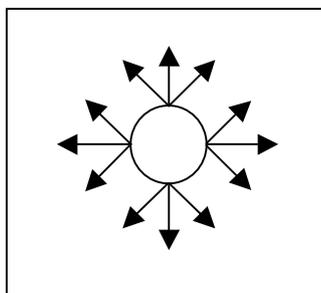


Figure 2. L'émission de la lumière selon le modèle de Kepler

D'après cette approche, chaque point lumineux va créer une ombre qui aura, du fait de la propagation rectiligne de la lumière, la forme de l'obstacle. Ainsi, si on fait l'hypothèse, dans une tentative d'illustration dynamique, qu'un point lumineux parcourt la circonférence de la source étendue de lumière, alors les ombres respectives se recouvrent en partie et se distribuent dans la périphérie d'une forme qui correspond à celle de la source lumineuse au niveau de la surface de projection (Figure 3).

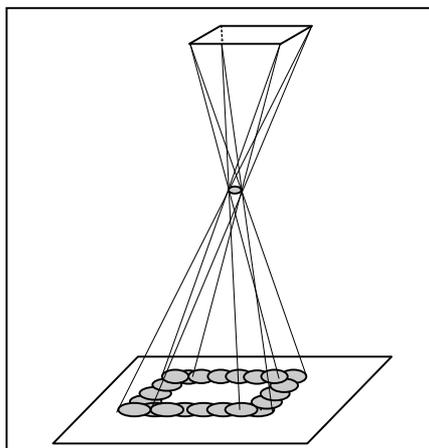


Figure 3. L'expérience de Kepler

² Pour être exact, la question s'est historiquement posée sous l'aspect de la formation des images projetées au travers de trous.

A mesure que se réduit la distance obstacle-écran, le degré de couverture des ombres est plus grand que le degré de diminution de leur dimension ; il en résulte que l'ombre d'ensemble s'identifie progressivement à la forme de l'obstacle. Au contraire, à mesure qu'augmente la distance obstacle-écran, le degré de dispersion des ombres est plus grand que le degré d'augmentation de leur taille (et donc de leur degré de couverture) ; il en résulte que l'ombre d'ensemble s'identifie progressivement à la forme de la source.

Methodologie

La collecte des données

48 élèves (24 filles et 24 garçons) répartis en trois groupes d'âge homogènes (12, 14 et 16 ans) et provenant de dix écoles différentes ont participé à la recherche. N'étaient pris que les enfants chez lesquels, au cours d'un entretien d'orientation, nous avons dépisté l'expression de représentations mentales alternatives. Les sujets âgés de 12 ans participaient au processus expérimental immédiatement après avoir suivi l'enseignement des chapitres relatifs à l'Optique dans leur école³. La recherche fut réalisée par le biais d'entretiens semi directifs qui contenaient des questions ouvertes adaptées au contenu empirique de situations expérimentales précises. Prévisions, descriptions et interprétations étaient exprimées oralement dans un premier temps, puis écrites sur des formulaires représentant le dispositif expérimental. Les entretiens étaient enregistrés pendant qu'était tenu un protocole des comportements non verbaux. L'analyse des données a été réalisée à partir des transcriptions, de l'étude des formulaires de représentations et des protocoles.

Le processus

Premier stade : la participation des élèves aux processus de conflit

Au cours de ce stade nous avons présenté aux enfants trois tâches choisies de manière à les conduire à une déstabilisation des représentations constituées. La succession des tâches était telle que les résultats de chacune donnaient au sujet la possibilité de reconnaître l'insuffisance de son schéma interprétatif précédent. Au cours du processus il était successivement demandé au sujet : les prévisions, les justifications de ces dernières, leur confirmation ou infirmation au moment de l'activation de la source et enfin de nouvelles justifications et une comparaison avec les prévisions de départ.

Tâche 1a

Le long d'une table étaient disposés dans l'ordre suivant : une source de lumière fluorescente d'un tuyau d'1 cm de section formant un carré de dimensions 10 x 10 cm, un obstacle rond d'un diamètre de 1cm disposé à la hauteur du centre du carré lumineux et un écran de projection (Figure 4).

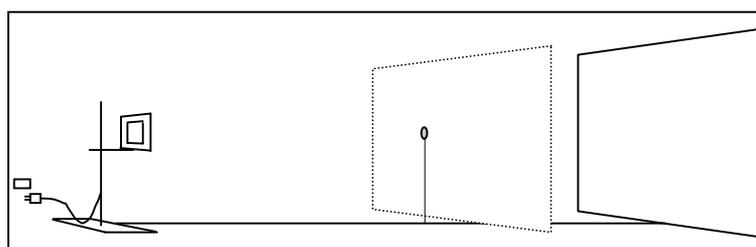


Figure 4. Représentation schématique de la disposition expérimentale des tâches 1a et 1b

Les distances source-obstacle et obstacle-écran étaient respectivement de 80 et 5 centimètres. La source lumineuse éteinte, on demandait au sujet de prévoir les résultats aussi bien sur l'écran qu'à la surface de l'obstacle, ainsi que de justifier ses prévisions et de tracer le trajet de la lumière sur le formulaire représentant le dispositif expérimental. Les sujets ayant adopté le modèle holistique de l'émission prévoyaient la formation d'un carré lumineux de mêmes dimensions que la source au milieu de l'écran, le reste de l'écran ainsi que la partie antérieure de l'obstacle demeurant sombre. Les sujets relevant de la deuxième catégorie de représentations (émission radiale de la lumière) prévoyaient correctement l'apparition d'une tache sombre au milieu de l'écran et un éclairage homogène de l'obstacle dans son ensemble. Enfin, les sujets de la catégorie des représentations

³ En Grèce, les thèmes relatifs à la nature et à la formation des ombres sont enseignés aux élèves âgés de 12 et 14 ans.

d'une émission composite prévoyaient l'apparition sur l'écran de la forme lumineuse carrée de la source avec une tâche sombre au centre et le reste de sa surface de même que l'obstacle plus faiblement éclairés. Par la suite, on activait la source lumineuse et sur l'écran apparaissait alors une tâche sombre de mêmes dimensions et à la même hauteur que l'obstacle, alors que le reste de l'écran ainsi que l'obstacle étaient éclairés de façon homogène. Rappelant la prévision donnée par l'enfant lui-même, on en demandait les explications et, dans le cas d'une infirmation, de nouvelles justifications. Pour une partie de l'échantillon, l'opposition entre prévisions et résultats signait le rejet des représentations de l'émission holistique et composite et amenait l'ensemble de l'échantillon (100%) à adopter le schéma de l'émission radiale qui, dans la tâche considérée, apparaissait parfaitement explicative.

Tâche 1b

La source lumineuse était désactivée et l'écran était éloigné à une distance de 30 cm de l'obstacle (Figure 4). Les réponses des sujets étaient à présent conformes au mode radial de l'émission, puisque tous les enfants prévoyaient la formation d'une tâche sombre au milieu de l'écran et un éclairage homogène de l'obstacle et du reste de l'écran. A l'activation de la source lumineuse apparaissait sur l'écran l'ombre de la forme carrée de la source. Le coup porté à la valeur interprétative du mode rayonnant de l'émission était rude, mais il ne se révéla pour autant pas capable d'amener les sujets à reconnaître le modèle correct. La majorité des enfants (58,7%) fut conduite à une impasse interprétative alors qu'un important pourcentage (41,3%), conservant les caractéristiques du mode radial de l'émission, interpréta la forme apparue non comme le résultat de l'insertion de l'obstacle opaque sur le trajet du faisceau lumineux, mais comme l'apparition de l'ombre de la source elle-même (Figure 5).

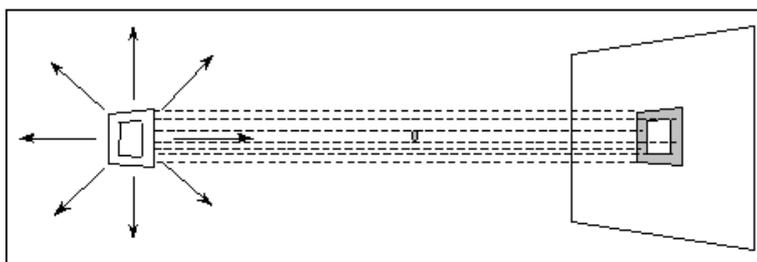


Figure 5. Représentations de l'ombre comme propriété de la source

Tâche 1c

La source lumineuse était à nouveau activée et sans que soient changées les distances relatives, un petit objet opaque était placé devant la face basse de la source carrée de façon que sa forme prenne celle d'un “_”. Dans la phase des prévisions on n'observa aucun changement puisque tous les enfants prévoyaient que se dessine la forme du “_” sur l'écran sans pour autant pouvoir la justifier de manière consistante. Par la suite, on activait à nouveau la source et apparaissait alors sur l'écran la forme sombre d'un “_” renversé. De cette façon les conditions de conflit arrivaient à leur apogée puisque l'interprétation des résultats allait désormais à l'encontre de tout schéma interprétatif précédemment exprimé, à l'exception du modèle de l'émission non cohésive. Un seul des sujets (Y.40) put reconnaître le modèle correct, alors que les autres enfants se déclarèrent incapables de toute interprétation, conduits ainsi à une situation de déstabilisation mentale.

Deuxième stade : l'intervention didactique

Pour réorganiser les représentations des élèves, on entreprit à ce stade l'évaluation didactique de l'expérience historique de Kepler (1604/2000), orientant progressivement les élèves vers un environnement interactif d'exécution participative de l'expérimentation. Dans cette intention, on avait construit un dispositif d'optique spécial, offrant la possibilité de “désarticuler” la source étendue de lumière en un certain nombre de sources “ponctuelles”. Ce dispositif consistait en huit minuscules ampoules halogènes de 1 x 1 cm (12 V, 20 W) équidistantes les unes des autres ainsi que des côtés d'un carré imaginaire de 10 x 10 cm de côté (Figure 6). Chaque lampe pouvait être allumée de façon autonome, grâce à une console indépendante, créant sur l'écran une ombre ayant chaque fois la forme de l'obstacle alors que la forme d'ensemble de l'ombre apparaissait chaque fois comme une composition des ombres partielles de chaque source “ponctuelle”.

Tâche 2a

Le dispositif était transformé : la source lumineuse fluorescente était remplacée par celle décrite plus haut, alors qu'on plaçait l'obstacle à 50 cm. L'écran demeurait derrière le diaphragme et à une distance de 80 cm de la source (Figure 6).

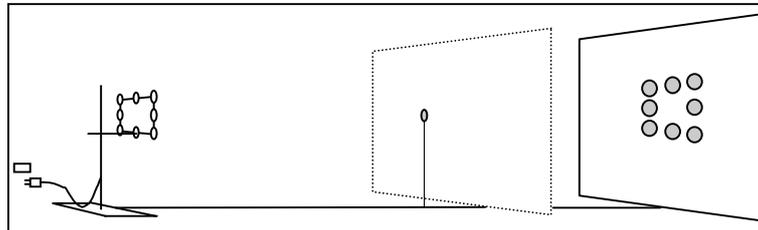


Figure 6. Représentation schématique du dispositif pour les tâches 2a et 2b

Le sujet désignait au hasard l'une des minuscules ampoules qu'on allait allumer et on lui demandait de prévoir le résultat. On activait ensuite la lampe en question et l'ombre se dessinait sur l'écran. Après avoir constaté la forme ronde de la tache sur l'écran, on soulignait sa ressemblance avec celle de l'obstacle et on confirmait la propagation rectiligne de la lumière. On allumait/éteignait alternativement ensuite les autres petites ampoules, suscitant chaque fois la confirmation/infirmation des prévisions. Puis les petites lampes étaient maintenues allumées les unes après les autres et se dessinait progressivement la forme carrée de l'ombre, résultant de l'addition des huit taches sombres ponctuelles. Enfin, on éteignait/allumait successivement l'ampoule centrale de la base du carré et l'ampoule centrale d'un des côtés, donnant ainsi la forme d'un “_” debout ou couché à la source lumineuse étendue. Cette transformation permettait aux enfants d'interpréter le renversement, sur le plan tant horizontal que vertical, de l'ombre sur l'écran qui n'entre dans les données d'observation que dans le cas d'une source lumineuse de forme asymétrique.

Tâche 2b

L'obstacle était maintenu à sa place et l'écran était rapproché à une distance de 5 cm. Suivant le même processus, les petites lampes restantes étaient successivement activées. La couverture presque parfaite des taches sombres rondes donnait comme résultat d'ensemble une ombre de forme cyclique de dimensions proches de celles de l'obstacle. Par la suite, on éloignait lentement et régulièrement l'écran de l'obstacle jusqu'à sa position première. Dans un climat de collaboration et de discussion, on constatait l'augmentation de la dispersion des taches rondes obscures et leur agrandissement, pendant qu'on soulignait la correspondance terme à terme entre chaque point de la source étendue et le résultat qu'elle provoque.

Résultats

Pour contrôler l'efficacité de l'intervention, nous avons utilisé des tâches qui présupposaient le même contenu cognitif mais revêtaient un contenu empirique différent de celui des stades précédents. La source carrée fluorescente a ainsi été remplacée par une autre en forme de croix et à la place de l'obstacle rond étaient posés d'autres de formes différentes (triangulaire et carrée). Le changement de la forme de la source permettait un contrôle plus sûr de l'assimilation des caractéristiques du modèle correct, puisque en post-contrôle les enfants étaient invités à appliquer les représentations construites dans des circonstances différentes de celles dans lesquelles elles avaient été acquises. Le dépistage des représentations formées *in fine* eut lieu 15 jours plus tard par le biais de nouveaux entretiens individuels dont la structure demeurait identique à celle des entretiens de la première phase. Dans le Tableau 1 sont présentées les représentations des sujets avant et après l'ensemble du processus en fonction de la catégorie d'âge.

Tableau 1. Fréquence des représentations des élèves concernant l'émission de la lumière à partir de sources étendues

Mode de diffusion de la lumière	12 ans ($\bar{n} = 16$)				14 ans ($\bar{n} = 16$)				16 ans ($\bar{n} = 14$)			
	Pré contrôle		Post-contrôle		Pré contrôle		Post-contrôle		Pré contrôle		Post-contrôle	
	Sujets	f	Sujets	f	Sujets	f	Sujets	f	Sujets	f	Sujets	f
Non cohésif		0	3, 7, 10, 11, 13, 14	6		0	17, 19, 20, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32	11		0	35, 38, 41, 43, 44, 45, 47, 48	8
Holistique	1, 2, 8	3		0	17, 18, 21, 32	4		0	38, 40, 42, 47	4		0
Radial	9, 12, 14, 15	4	1, 2, 5, 6, 8, 9, 15, 16	8	19, 20, 22, 25, 27, 28	6	21, 22, 25	3	35, 36, 43, 45, 46, 48	6	36, 40, 42	3
Composite	3, 4, 5, 7, 10, 13, 16	7		0	23, 24, 26, 29, 31	5	24	1	34, 39, 41, 44	4	39	1
Autre	6, 11	2	4, 12	2	30	1	18	1		0	34, 46	2

* Les sujets Y.33 et Y.37 (16 ans) n'ont pas participé au processus expérimental dans la mesure où ils avaient reconnu le modèle correct au cours de pré-contrôle. Le sujet Y.40 prévoyait des résultats conformes à la forme radiale de l'émission.

Les résultats du post-contrôle tels qu'ils sont rassemblés dans le Tableau 1 permettent de constater que la réorganisation des représentations conceptuelles a bien eu lieu dans 37,5% des cas dans le premier groupe d'âge, 68,8% dans le deuxième et 57,1% dans le troisième. De plus, un pourcentage notable de sujets (respectivement 50%, 18,7% et 21,5% dans les trois groupes d'âge) ont finalement conservé le schéma radial d'interprétation. Ce dernier peut être considéré comme étant le plus proche, d'un point de vue conceptuel, du modèle physique puisqu'il contient en germe l'idée de l'émission non cohésive. En effet, d'après ce schéma, chaque point de la source émet de façon autonome (quoique non isotrope) dans l'espace ; cette émission se propage dans toutes les directions sans dépendance privilégiée qui renverrait à des centrations intuitives. La constitution de représentations de ce type requiert par conséquent une décentration de l'optique subjective d'une émission privilégiée et renvoie à l'activation de processus mentaux logiques : cela indique un progrès sur le plan des représentations. Si on additionne les pourcentages partiels par catégorie d'âge, on constate des progrès d'ensemble de l'ordre respectivement de 87,5%, 87,5% et 78,6% par groupe d'âge.

Précisions et conclusions

On sait, grâce à la recherche en didactique des Sciences Physiques que, pour certains objets de savoir, les représentations alternatives des élèves présentent une résistance notable lors de la rencontre de ces derniers avec le savoir scientifique, tel que celui-ci est transmis en classe tout du moins. Dans le cas de la présente expérience, il est clair que les données perceptives ne contribuent pas à une reconnaissance immédiate du mécanisme de la formation de l'ombre de l'obstacle dans la mesure où le trajet de la lumière dans l'espace n'est pas perceptible par les sens. Cependant, la faiblesse des sujets de notre recherche à reconnaître les caractéristiques du modèle de l'optique géométrique et cela même après un enseignement scolaire des thèmes concernés, conduit à la conclusion facile de l'absence de référence détaillée au mécanisme de l'émission non cohésive durant la leçon, puisqu'il n'existe aucune référence explicite à ce modèle dans les programmes grecs tant dans le primaire (enfants de 12 ans) que dans le secondaire de premier degré (enfants de 14 ans). Ainsi la constitution des représentations des élèves continue-t-elle de s'appuyer sur des schémas d'émission dictés par la correspondance terme à terme des points de la source avec leur résultat lumineux au travers d'un seul et même rayon (et non au travers d'un faisceau). Même dans des conditions conflictuelles intenses (comme celle de la tâche 1b) le mode "radial" de l'émission n'est pas mis en doute dans la mesure où faire appel à la notion d'ombre de la source ne concerne pas le mode d'émission du rayonnement mais l'association source et ombre dans une relation particulière. Un tel type d'interprétation apparaît avec une fréquence stable dans les recherches de didactique de la Physique ayant un rapport avec la lumière. La ressemblance de forme entre l'ombre et l'obstacle, en particulier dans les cas où la source lumineuse se trouve à une grande distance de l'objet, associée à l'incapacité de reconnaissance de la lumière en tant qu'entité dans l'espace, induisent la pensée intuitive à comprendre

l'ombre comme une propriété des objets (Anderson & Smith 1983 ; Guesne 1984 ; Langley, Ronen & Eylon, 1997 ; Piaget & Inhelder, 1981 ; Ravanis, Charalampopoulou, Boilevin & Bagakis, 2005 ; Tiberghien, Delacote, Ghiglione & Matalon, 1980). Dans notre cas, l'exposition des sujets à un résultat lumineux inattendu (Tâche 1b) a perturbé la stabilité de leurs structures mentales et a réintroduit au premier plan un schéma interprétatif analogue, avec néanmoins le transfert de ladite propriété des corps de l'objet-obstacle à la source.

De plus, l'approche des manuels scolaires renforce les représentations alternatives des élèves : dans des problèmes de calcul concernant le repère des dessins des ombres, des projections ou des reflets, l'association de la source avec ses résultats se fait par la seule présence de quelques rayons "spéciaux". Il se peut que l'utilisation sélective des rayons nécessaires serve des raisons d'économie de dessin. Cependant au niveau de la formation des représentations, ces rayons "spéciaux" se montrent non seulement capables mais nécessaires à la détermination des résultats lumineux.

Par conséquent, dans le cas de l'enseignement de sujets relatifs à l'optique géométrique, le dépassement de cet obstacle acquiert une importance particulière, de même que la mise en valeur de la contribution de toute la quantité de lumière dans la formation des zones lumineuses – et donc aussi celle des ombres. Sur un plan pratique, l'application de la conception théorique de Kepler par des dispositifs expérimentaux expressément choisis pour soutenir l'enseignement théorique (c'est-à-dire la construction de sources lumineuses de manière à ce que soit possible leur décomposition en plusieurs éléments), offre de telles possibilités, comme le montrent les résultats de la présente étude, et peut constituer un matériel didactique utile car permettant d'atteindre plus efficacement les objectifs d'apprentissage.

Étendre l'expérimentation aux autres objets de savoir du programme et qui ont un lien avec l'émission de la lumière à partir d'une source étendue, présenterait un intérêt particulier dans la mesure où une telle tentative, outre la possibilité de faire des comparaisons, formerait une perspective générale permettant d'aborder ces thèmes de la même manière.

D'un point de vue didactique donc, il est nécessaire non seulement d'insister sur ce sujet dans le programme d'enseignement, mais aussi de mener auprès des enseignants une sensibilisation particulière sur la question de l'émission de la lumière à partir de sources étendues. La référence systématique et documentée au modèle de l'émission non cohésive au cours de l'enseignement est susceptible de créer les conditions nécessaires à la transformation des représentations des élèves et à l'approche du savoir désiré. Dans tous les cas bien sûr, l'orientation adéquate des élèves constitue la condition *sine qua non* à leur compréhension de quelque particularité ou modèle théorique que ce soit relatifs à la lumière. L'interaction entre l'objet et le sujet, lorsqu'elle se fait dans le cadre d'une intervention structurée, peut intervenir de façon décisive dans la décentration de la pensée de l'élève des modèles de représentations issus du vécu et sur la focalisation de ses raisonnements sur les caractéristiques du modèle scientifique.

Références bibliographiques

- Anderson, C.W. & Smith, E.L. (1983). *Children's conceptions of light and color : understanding the concept of unseen rays*. East Lansing : Michigan State University.
- Aristote, (1952). *Problems* (traduction W.S. Hett). London : Heinemann.
- Doise, W. & Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : Interéditions.
- Fawaz, A. & Viennot, L. (1986). Image optique et vision : enquête en classe de premier au Liban. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 686, 1125-1146.
- Feher, E. & Rice, K. (1988). Shadows and anti-images : children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 75(5), 637-649.
- Galili, I. (1996). Student's conceptual change in geometrical optics. *International Journal of Science Education*, 18(7), 847-868.
- Galili, I., Bendall, S. & Goldberg, F. (1993). The effects of prior knowledge and instruction on understanding image formation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 271-301.
- Gilly, M. & Roux, J.P. (1988). Social marking in ordering tasks : effects and action mechanisms. *European Journal of Social Psychology*, 18, 251-266.
- Goldberg, F.M. & McDermott, L.C. (1987). An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror. *American Journal of Physics*, 55(2), 108-119.
- Guesne, E. (1984). Children's ideas about light. In E.J. Wenham (Ed.), *New Trends in Physics Teaching*, Vol. IV (pp. 179-192). Paris : U.N.E.S.C.O.
- Kepler, J. (1604/2000). *Optics : Paralipomena to Witelo & Optical Part of Astronomy*. Santa Fe, NM : Green Lion Press.
- Langley, D., Ronen, M. & Eylon, B.S. (1997). Light propagation and visual patterns : preinstruction learners conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 399-424.
- Lemeignan, G. & Weil-Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique*. Paris : Hachette.

- Lindberg, D.C. (1968). The theory of pinhole images from antiquity to the thirteenth century. *Archive for History of Exact Sciences*, 5, 154-176.
- Perret-Clermont, A.N. (1986). *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*. Berne, Switzerland : P. Lang.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1981). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Ravanis, K. (2005). Les Sciences Physiques à l'école maternelle : éléments théoriques d'un cadre sociocognitif pour la construction des connaissances et/ou les développements des activités didactiques. *International Review of Education*, 51(2-3), 201-218.
- Ravanis, K., Charalampopoulou, C., Boilevin, J.M. & Bagakis, G. (2005). La construction de la formation des ombres chez la pensée des enfants de 5-6 ans : procédures didactiques sociocognitives. *Spirale*, 36, 87-98.
- Ravanis, K., Koliopoulos, D. & Hadzigeorgiou, Y. (2004). What factors does friction depend on? A socio-cognitive teaching intervention with young children. *International Journal of Science Education*, 26(8), 997-1007.
- Rice, K. & Feher, E. (1987). Pinholes and images : children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 71(4), 629-639.
- Roth, K.T., Anderson, C.W. & Smith, E.L. (1987). Curriculum materials, teacher talk and student learning : case studies in fifth-grade science teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19, 527-548.
- Straker, S.M. (1971). *Kepler's Optics : a study in the development of seventeenth-century natural philosophy*. Ph. D. Thesis, Indiana University.
- Tiberghien, A., Delacote, G., Ghiglione, R. & Matalon, B. (1980). Conceptions de la lumière chez l'enfant de 10-12 ans. *Revue Française de Pédagogie*, 50, 24-41.
- Weil-Barais, A. (1994). Heuristic value of the notion of Zone of Proximal Development in the study of child and adolescent construction of concept in Physics. *European Journal of Psychology of Education*, 9(4), 367-383.

Comment les élèves du collège conçoivent le mouvement du pendule : une recherche empirique

Sotiris Dossis* et Dimitris Koliopoulos**

* Enseignement secondaire et Département des Sciences de l'Education (Section Préscolaire),
Université de Patras, Grèce
sdossis@sch.gr

** Département des Sciences de l'Education (Section Préscolaire),
Université de Patras, Grèce
dkoliop@upatras.gr

Résumé

Le présent article se réfère à une étude empirique relative à la manière dont les élèves de collège conçoivent les caractéristiques fondamentales du savoir scientifique, tel qu'il est mobilisé dans le phénomène du mouvement du pendule¹. Plus précisément, seront présentées ici les conclusions issues de l'analyse des réponses à un questionnaire administré à des élèves de 3^e (14-15 ans), avant que ne leur soit enseigné le sujet en question. Les questions concernent les trois dimensions du savoir scientifique (culturelle, conceptuelle et méthodologique). L'analyse des réponses des élèves montre que les connaissances des élèves concernant le pendule présentent d'importants problèmes, surtout dans les composantes méthodologique et conceptuelle du savoir scientifique. Les conséquences éventuelles des résultats de la présente étude sur l'élaboration d'un programme d'enseignement innovant sont enfin discutées.

Mots clés

Didactique de la physique – Enseignement secondaire – Pendule

Abstract

The present study refers to an empirical research study on how 13-14-year-old Greek conceive the basic characteristics of knowledge concerning the movement of the simple pendulum. Particularly, we present the results of the research effort as they emerge out of the analysis of a questionnaire which was given to the students before the teaching took place. The questions are related to the three dimensions of scientific knowledge : the conceptual, methodological and cultural dimensions. In discussing the results of our analysis set out in this research, we can draw the conclusion that several important conceptual and methodological problems are revealed. Finally, we discuss the effect our study's results may have on the planning of an innovative curriculum.

Key Words

Pendulum – Science education – Secondary school

¹ Par caractéristiques fondamentales du savoir scientifique concernant le pendule, nous considérons ici les caractéristiques qui, d'après l'analyse historique et épistémologique, jouent le plus grand rôle dans la mise en valeur du mouvement du pendule dans un problème scientifique contemporain. Ces caractéristiques semblent être la relation du pendule avec la mesure du temps (dimension culturelle), son mouvement isochrone (dimension notionnelle) et le schéma logique hypothético-déductif (dimension méthodologique) (Matthews, 2000). Bien évidemment, il existe d'autres caractéristiques du savoir scientifique lié au pendule (comme par exemple l'analyse "énergétique" de son mouvement et les erreurs dans la mesure de la période du pendule qui ne sont pas examinées dans notre étude.

Introduction

L'enseignement du pendule², en Grèce comme dans de nombreux pays, constitue un objet fondamental d'enseignement à différents niveaux de l'éducation. Certains chercheurs soutiennent du reste que cet enseignement est nécessaire car il permet de mettre en valeur les trois dimensions du savoir scientifique de façon équilibrée : la dimension culturelle (par exemple, sa relation avec la mesure exacte du temps ou la mise en valeur du cadre historique de la production du savoir scientifique qui y est liée), la dimension conceptuelle (par exemple, l'analyse énergétique du mouvement du pendule) et la dimension méthodologique (par exemple, le contrôle des facteurs qui influencent la période du pendule, Matthews, 2000 ; Matthews, Gauld & Stinner, 2005). Pourtant, il semble que soient peu nombreuses les recherches explorant les représentations mentales des élèves dans ce domaine, ainsi que la manière dont ces représentations évoluent et changent au cours de l'enseignement (Dossis & Koliopoulos, 2005).

La présente étude s'inscrit dans une étude empirique plus large, relative à la manière dont les élèves de collège conçoivent les caractéristiques fondamentales du savoir scientifique, tel qu'il est mobilisé dans le phénomène du mouvement du pendule. Plus précisément, seront présentées ici les conclusions issues de l'analyse des réponses à un questionnaire administré à des élèves de 3^e (14-15 ans), avant que ne leur soit enseigné le sujet en question. Les questions concernent les trois dimensions du savoir scientifique (culturelle, conceptuelle et méthodologique). Concrètement, on cherche à savoir dans quelle mesure et de quelle façon les enfants de cet âge (a) comprennent le pendule comme un mécanisme permettant de mesurer le temps avec exactitude par rapport à d'autres mécanismes de mesure du temps (dimension culturelle), (b) perçoivent le mouvement isochrone du pendule et les conditions de sa transformation en horloge à pendule (dimension conceptuelle) et (c) comprennent la manière dont sont contrôlés les facteurs dont dépend la période du pendule (dimension méthodologique). Avant de présenter les résultats, nous évoquerons la formation historique du problème du pendule, les caractéristiques fondamentales du savoir scientifique afférent, ainsi que les acquis de la littérature concernant les perceptions du pendule par les élèves. Nous discuterons enfin les conséquences éventuelles des résultats de la présente étude sur l'élaboration d'un programme d'enseignement innovant.

Le savoir de référence

Dans la tradition hellénique, l'horloge à pendule (ou horloge à balancier) est précédée par deux types d'horloges : le cadran solaire et l'horloge à eau (clepsydre). En revanche l'horloge mécanique, apparue en Europe centrale au Moyen-âge et considérée comme l'ancêtre de l'horloge à balancier, est absente de cette tradition. La faiblesse évidente des cadrans solaires et des horloges hydrauliques pour mesurer des intervalles de temps avec précision a été corrigée par les horloges mécaniques, apparues au début du XIV^e siècle, qui signèrent le passage du temps de l'Eglise et de l'heure inégale au temps séculier et aux heures identiques. Cependant, la grande faiblesse du mécanisme d'échappement des horloges mécaniques était que ledit mécanisme ne disposait pas d'une fréquence d'oscillation naturelle. S'occupant de problèmes de longitudes géographiques, Galilée construisit une horloge mécanique remplaçant l'ancien mécanisme d'échappement par le pendule. D'après Matthews (2000), l'horloge pendulaire apparaît d'une part comme une solution à un problème culturel - technologique et d'autre part comme le produit de l'analyse scientifique du mouvement du pendule, telle qu'elle apparaît dans le travail de Galilée. Les éléments de base de cette analyse sont liés tant avec la dimension conceptuelle qu'avec la dimension méthodologique du savoir scientifique. Sur le plan conceptuel, la notion du mouvement isochrone du pendule est fondamentale et précède toute analyse en termes de forces ou d'énergie qui la présuppose ou la démontre par la réflexion mathématique. Cette notion découle à la fois de la loi de la longueur et de la loi de l'amplitude du pendule.

De l'autre côté, sur le plan méthodologique, le travail de Galilée montre que l'explication mathématique précède toute démonstration empirique du mouvement isochrone du pendule. "L'expérience peut suggérer l'explication ou elle peut confirmer ou illustrer l'explication, mais elle n'est pas l'explication elle-même" (Matthews, 2000, p. 112). Le concept de mouvement synchrone naît donc au moment même où une nouvelle approche méthodologique des phénomènes physiques a pour résultat de transformer les objets physiques réels en objets des sciences physiques (Baltas, 1990).

Les conceptions des élèves

On constate avec surprise que la bibliographie relative à la recherche des conceptions des élèves concernant le pendule est assez pauvre. La presque totalité des références bibliographiques que nous avons repérées, se réfère ou est liée à la dimension méthodologique du savoir scientifique concernant le pendule. Un assez grand nombre

² Par le terme "pendule", nous entendons ici le pendule simple.

de recherches ont eu lieu dans le cadre du paradigme piagétien et on y explore les stratégies mises en œuvre par les enfants pour contrôler les variables qui interviennent dans le mouvement du pendule (Inhelder & Piaget, 1958 ; Stafford, 2002). Un résultat intéressant de ces recherches est que les enfants d'un âge analogue à celui qui nous intéresse ici sont susceptibles d'utiliser un raisonnement hypothético-déductif directement lié à la méthodologie scientifique. Concernant la stratégie de la séparation des variables, "Inhelder rapporte de façon caractéristique que vers l'âge de 14-15 ans, mais pas plus tôt, les adolescents contrôlent correctement toutes les hypothèses possibles, les associant de façon méthodique. Faisant varier la longueur, ils font attention à conserver le poids, l'amplitude et le mouvement stables. Faisant varier le poids, ils gardent stables la longueur du fil, ainsi que tous les autres facteurs, etc." (Bond, 2002, p. 123). Dans une autre étude ayant comme but de rechercher si des élèves de neuf à 11 ans sont capables de planifier des tests d'hypothèses concernant la durée de la période d'une pendule simple, il est constaté que même s'il est très difficile pour eux de produire un protocole expérimental, certains d'entre eux sont capables de lire un tableau et d'analyser un tel protocole (Flandé, 2000). Les recherches concernant la dimension conceptuelle du savoir scientifique concernant le pendule font néanmoins surtout référence au cadre conceptuel de l'analyse dynamique du mouvement du pendule (Cwudkova & Musilova, 2000 ; Galili & Sela, 2002) alors qu'on ne relève que deux références indirectes au problème du mouvement isochrone du pendule. Plus précisément, Il-Ho Yang, Yong-Ju Kwon et Jin-Woo Jeong (2002) rapportent que les conceptions antérieures des élèves quant au pendule ont un écho important sur la formation, le contrôle et la révision des hypothèses. Ces auteurs montrent qu'un assez grand nombre d'élèves du collège (environ 40% de l'échantillon) croient que la fréquence du pendule augmente ou diminue selon qu'on le laisse pendre de plus ou moins haut. L'expérience personnelle ou la non reconnaissance de la relation entre la distance et le temps sont deux raisons évoquées par les élèves pour justifier cette perception. De même, la non reconnaissance du mouvement isochrone du pendule apparaît lors des dialogues enregistrés entre les élèves (grecs, de classe de 3^o) et leur enseignant dans le cadre d'une leçon innovante concernant le pendule (Koumaras, 2002).

Enfin, aucune étude concernant la dimension culturelle du savoir scientifique à propos du pendule (c'est-à-dire liée à la recherche de la perception des élèves de la relation entre le pendule et l'horloge à balancier) n'a été repérée.

Il ressort de cette revue bibliographique que nous sommes parfaitement fondés à mener la présente recherche qui, d'une part, comble l'absence de recherche concernant la dimension culturelle du savoir scientifique liée au pendule et d'autre part, donne son importance relative non seulement à la dimension méthodologique mais aussi à la dimension conceptuelle du savoir scientifique mis en œuvre dans le mouvement du pendule.

La recherche

Le plan de la recherche

Dans le cadre de la présente étude, la technique choisie pour dépister les idées des élèves est celle du questionnaire ad hoc. Ce dernier est organisé en trois groupes de questions. Le premier dépiste les idées des élèves relatives à la composante culturelle du savoir scientifique, le second renvoie aux idées relatives à la dimension conceptuelle et le troisième se rapporte à l'aspect méthodologique. Chaque groupe est principalement composé de questions fermées. Dans l'Annexe 1 on trouvera le texte complet du questionnaire. Par les questions à caractère culturel (1A, 1B, 1C, 2) on cherche à comprendre si les élèves reconnaissent les mécanismes du temps, connaissent l'historicité de leur évolution et reconnaissent et justifient la possibilité qu'a le mécanisme de l'horloge à pendule de mesurer le temps avec une plus grande précision que le cadran solaire ou la clepsydre, ainsi que l'impact de l'amélioration de la précision sur les activités et les réalisations de l'homme. Par les questions à caractère conceptuel (3A, 3B, 4 et 5) on cherche à dépister les idées des élèves liées au mouvement isochrone du pendule, la relation (qualitative) entre la période et la longueur du fil, ainsi que la longueur du pendule qui "bat la seconde". Enfin, par les questions à caractère méthodologique (6, 7, 8A, 8B) on cherche à dépister les conceptions qu'ont les élèves de l'approche méthodologique hypothético-déductive, comme la lecture de variables et la stratégie de leur séparation.

L'échantillon de la recherche

169 élèves (84 garçons et 85 filles) de classes de troisième de quatre collèges différents ont pris part à la recherche. Ils n'avaient pas reçu d'enseignement systématique à propos du pendule. Tous cependant avaient, au cours des deux dernières années d'enseignement en Sciences physiques, reçu des éléments de Mécanique newtonienne puisque dans notre pays l'enseignement des phénomènes de mécanique constitue l'un des contenus les plus courants de la physique.

L'analyse et les conclusions de la recherche

Nous présentons ici des résultats qui proviennent du traitement quantitatif de l'ensemble de l'échantillon. Du reste, il semble d'après une autre étude qu'en règle générale, il n'y ait pas de différence importante entre les sexes ou les différents collèges dans lesquels le questionnaire a été administré (Pétraki, 2005). Trois niveaux d'analyse ont été utilisés pour le traitement des réponses au questionnaire : analyse par question, par groupe de questions et analyse des corrélations entre les réponses des groupes de questions (Dossis, 2006). Les résultats présentés ici sont ceux du deuxième niveau d'analyse qui, selon nous, offre une vue plus consistante et plus globale. Le regroupement des réponses aux questions de chaque groupe s'est fait de la façon suivante : pour chaque question, la réponse de l'élève était qualifiée d'"alternative" si sa conception s'éloignait de la conception scientifiquement acceptable et de "scientifique" si elle était conforme à cette conception. Sur la base de la somme des conceptions scientifiques que récoltait chaque élève dans chaque groupe de quatre questions, ses conceptions étaient qualifiées de scientifiques, mixtes ou alternatives. Concrètement, si la somme de ses conceptions scientifiques étaient de 0 ou 1, elles étaient qualifiées d'alternatives, si elles étaient de 2, on les disait mixtes et si elles étaient de 3 ou 4, elles étaient caractérisées de scientifiques. Les détails techniques de cette formation des groupes sont décrits par ailleurs (Dossis, 2006).

Les questions à caractère culturel

Le regroupement des réponses des élèves aux questions 1A, 1B, 1C, et 2, a montré que près de la moitié des élèves (49,7% exactement) expriment des conceptions conformes aux conceptions scientifiques et cela aux quatre questions qui constituent l'unité culturelle. Pour ce qui est des autres élèves, 25,4% expriment de telles conceptions pour trois des quatre questions, 23,1% pour deux questions, 1,8% pour une question ; aucun n'exprime de conception alternative à la totalité des questions de l'unité culturelle. Comme il apparaît dans la Figure 1, la proportion d'élèves exprimant des conceptions différent radicalement des conceptions acceptables est quasi nulle (1,8%) [$\chi^2(2) = 144,47$ $p < 0,001$]. Cela dit, 23,8% des élèves n'expriment pas de conceptions purement scientifiques. Les conceptions des élèves proviennent principalement de réponses montrant qu'ils n'ont pas encore acquis la connaissance culturelle de l'horloge à pendule comme mécanisme évolué de mesure exacte du temps. C'est-à-dire qu'une partie des élèves considère que la clepsydre ou le cadran solaire constituent des mécanismes plus précis que le pendule ou bien attribuent la précision de la mesure du temps non au mécanisme de l'horloge pendulaire lui-même mais à des raisons extérieures (par exemple, *les horloges pendulaires sont plus précises parce qu'on les utilise encore aujourd'hui*).

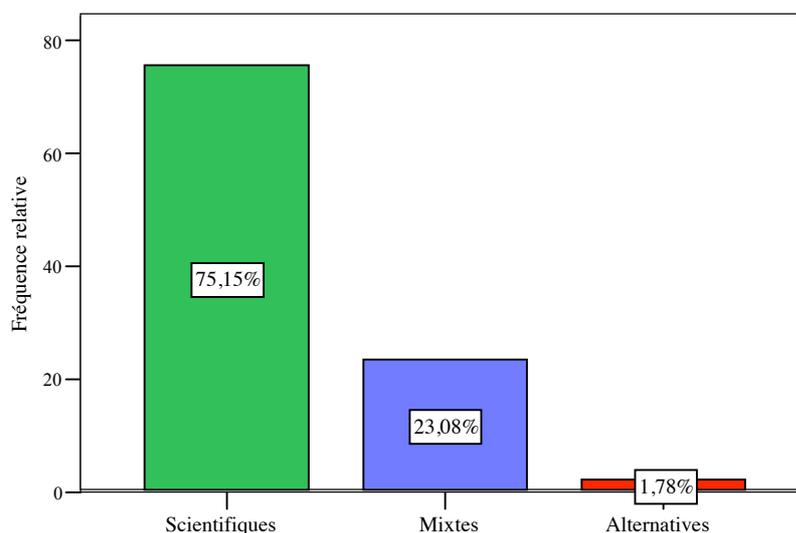


Figure 1. La catégorisation des questions à caractère culturel

Les questions à caractère conceptuel

Le regroupement des réponses aux questions 3A, 3B, 4 et 5, a montré que seulement 19,5% des élèves expriment des opinions compatibles avec les conceptions scientifiques, c'est-à-dire proches ou identiques [$\chi^2(2) = 14,82$, $p < .001$]. Plus précisément, peu nombreux (7,1%) sont les élèves qui expriment des conceptions conformes aux conceptions scientifiques aux quatre questions formant l'unité conceptuelle du questionnaire. De même, le pourcentage des élèves qui répondent de façon scientifiquement conforme à trois des quatre

questions est faible (15,4%). En revanche, une relative majorité des élèves – 42% – expriment des idées scientifiques dans la moitié des questions de l'unité. Enfin, 31,4% des élèves expriment des conceptions scientifiques à l'une des quatre questions. Comme il apparaît dans la Figure 2, sur l'ensemble des conceptions à caractère conceptuel des élèves, 1/5 seulement peut être considéré comme scientifique. Une relative majorité d'entre eux – 42% – exprime des conceptions mixtes alors que 38,5% font montre de conceptions alternatives. Si on prend en compte le fait que 50% des conceptions exprimées par le groupe des élèves ayant des conceptions mixtes, qui ne sont donc pas en accord avec le modèle scientifique, on est fondé à penser que le mouvement du pendule constitue un problème conceptuel important pour un grand nombre d'élèves. Ce problème est repérable dans leur incompréhension du mouvement isochrone du pendule. Comme le montrent les résultats de l'analyse des réponses à la question 4 (Tableau 1), la majorité absolue des élèves (78,4%) n'accepte pas la stabilité de la période et par conséquent le mouvement isochrone du pendule [$\chi^2(3) = 141,0$ $p < .05$]. Il semble plus probable aux élèves que la durée d'une simple oscillation diminue au cours du temps, conception qui renvoie directement à son équivalent historique.

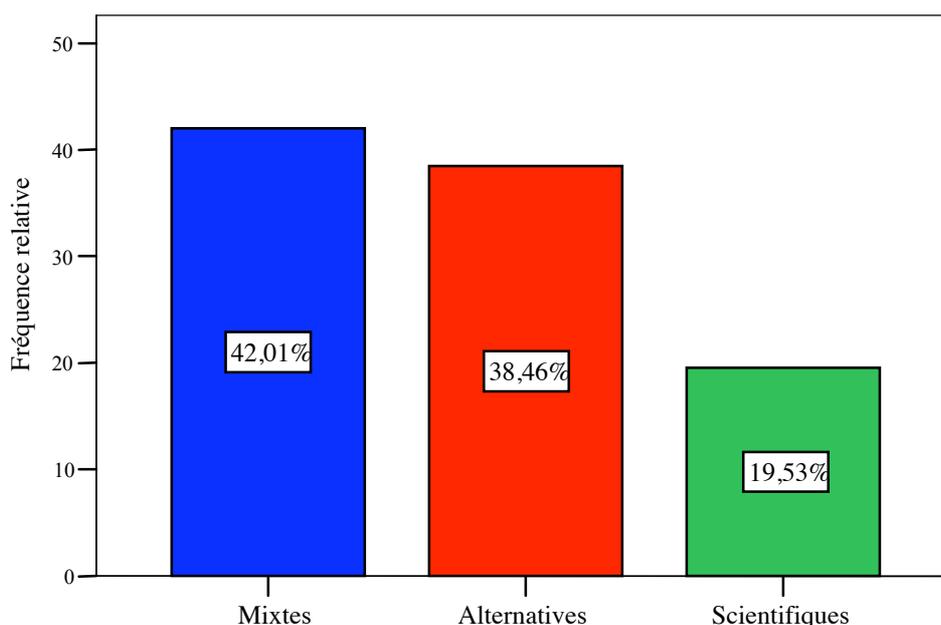


Figure 2. La catégorisation des questions à caractère conceptuel

Tableau 1. Les réponses des élèves à la question 4 du questionnaire

Question 4	
(i)	25 (14.8 %)
(ii)	108 (63.9 %)
(iii)	27 (16.0 %)
(iv)	9 (5.3 %)
Total	169 (100%)

En ce qui concerne les questions à caractère méthodologique, le regroupement des réponses des élèves aux questions 6, 7, 8A et 8B, a montré qu'un pourcentage minime, à peine 7,1% des élèves, exprime des idées conformes aux conceptions scientifiques aux quatre questions qui composent l'unité méthodologique. La proportion des élèves exprimant des conceptions conformes à trois des quatre questions est d'environ 19%, alors que 29% des élèves à peu près expriment des conceptions scientifiques à deux des quatre questions. La proportion des élèves exprimant des conceptions scientifiques pour une seule des quatre questions de l'unité est identique (29%) alors qu'un assez grand nombre de participants (16%) expriment des conceptions alternatives à toutes les questions. Comme il apparaît dans la Figure 3, la relative majorité des élèves (45,6%) exprime des conceptions alternatives au niveau méthodologique. Environ 26% des élèves seulement expriment des conceptions scientifiques aux questions de cette unité. Comme globalement les conceptions des élèves ne sont pas conformes au modèle scientifique, on peut soutenir que l'utilisation du raisonnement hypothético-déductif dans le contrôle de la relation entre les variables du mouvement du pendule constitue un problème important pour beaucoup des élèves de l'échantillon.

Un exemple caractéristique de cette hypothèse figure dans les résultats obtenus à la question 7 où est mesurée l'utilisation du raisonnement hypothético-déductif dans le contrôle expérimental de l'amplitude de l'oscillation sur la période du pendule. On verra dans le Tableau 2 que moins de la moitié des élèves (43,8%) choisissent la bonne réponse [$\chi^2(4) = 60,9, p < .05$].

Figure 3. La catégorisation des questions à caractère méthodologique

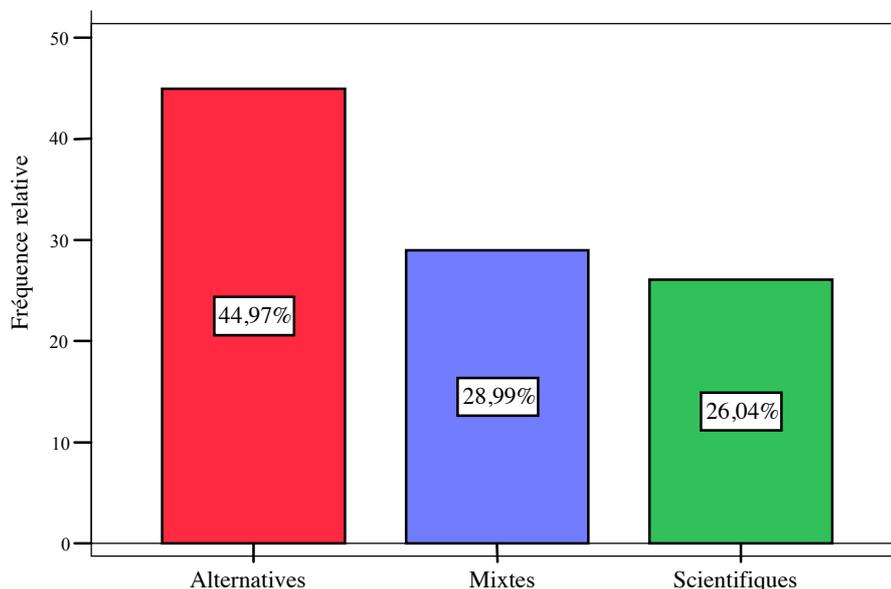


Tableau 2. Les réponses des élèves à la question 7 du questionnaire

Question 7	
(i)	28 (16.6 %)
(ii)	74 (43.8 %)
(iii)	20 (11.8 %)
(iv)	25 (14.8 %)
(v)	22 (13.0 %)
Total	169 (100%)

Discussion

La première conclusion à laquelle nous conduit naturellement cette analyse est que les connaissances des élèves concernant le pendule, ce dernier constituant un objet de l'enseignement traditionnel, présentent d'importants problèmes, surtout dans les composantes méthodologique et conceptuelle du savoir scientifique. Cette conclusion entre en contradiction avec la conviction, répandue chez les enseignants, selon laquelle les performances des élèves dans les travaux concernant le mouvement du pendule sont satisfaisantes, tout du moins pour ce qui est des facteurs influençant la période du pendule. Cette conviction, profondément ancrée, semble principalement s'appuyer sur le fait que, dans l'enseignement traditionnel du pendule, les travaux d'évaluation des élèves ne se réfèrent aucunement à la dimension conceptuelle du savoir scientifique engagé d'une part (par exemple, ils n'abordent pas le problème du mouvement isochrone du pendule) et d'autre part, qu'ils évaluent une connaissance algorithmique (la relation mathématique entre période et longueur et entre période et accélération de la pesanteur) qui fait l'objet d'une approche expérimentale dans un cadre empirico déductif par le biais d'une série d'injonctions conduisant à la conclusion juste. Les résultats de notre recherche font donc émerger des problèmes posés par l'enseignement traditionnel. Simultanément, ils permettent de cerner les difficultés cognitives des élèves aux niveaux conceptuel ou méthodologique. Les difficultés conceptuelles sont principalement repérables au niveau de la non reconnaissance de l'isochronie du mouvement du pendule, alors que les difficultés méthodologiques sont liées à une utilisation incorrecte du raisonnement hypothético-déductif dans l'approche expérimentale des lois du pendule. Cette difficulté méthodologique semble être liée non seulement à la nature du raisonnement hypothético-déductif (que, d'après les conceptions piagétienues, ils devraient déjà avoir acquises) mais aussi au contenu sur lequel s'applique ce raisonnement (difficulté de

compréhension du mouvement isochrone du pendule). Par ailleurs, il semble que le cadre culturel de la mesure du temps (et en particulier de la mesure précise du temps par l'horloge à pendule) soit un cadre de discussion accepté par la majorité des élèves de l'échantillon.

L'étude du pendule est contenue dans de nombreux programmes d'enseignement du secondaire, en Grèce comme à l'étranger. D'ordinaire, cependant, l'approche du pendule se fait indépendamment d'un cadre culturel (mesure précise du temps et/ou problème technologique de la construction d'horloges) alors que l'approche expérimentale des lois du pendule a clairement des caractères empiristes dans le cadre desquels la composante conceptuelle du mouvement isochrone a été réduite pour des considérations strictement techniques (Koliopoulos & Constantinou, 2005). Si on désire que l'enseignement du pendule s'adapte aux besoins cognitifs des élèves du collège et que simultanément on souhaite obtenir de meilleurs résultats d'apprentissage, il faudra alors remplacer le cadre traditionnel d'enseignement par un autre, scientifiquement plus valide (Hodson, 1988 ; Matthews, 2000) et psychologiquement mieux adapté aux besoins cognitifs des élèves de cet âge (Koumaras, 2002). Les principes de base de ce cadre innovant d'enseignement sont les suivants :

- la reconnaissance du pendule comme mécanisme de mesure exacte du temps, par rapport à des mécanismes plus anciens, nous permet de penser que la mesure du temps peut constituer un intérêt pour les élèves, cadre dans lequel sera étudié le pendule non seulement parce qu'il peut se rapporter à des éléments culturels intéressants (par exemple des références aux mécanismes de mesure du temps des Anciens Grecs) mais aussi parce que, pour la majorité des élèves, il constitue un cadre familier (au contraire par exemple d'un cadre, davantage technologique, dans lequel les élèves devraient reconnaître le pendule comme un mécanisme améliorant l'horloge mécanique) ;
- en ce qui concerne le cadre conceptuel, nous considérons que le problème du mouvement isochrone du pendule peut constituer un thème intéressant, capable de générer des discussions profitables (en comparaison avec d'autres cadres conceptuels, plus mathématisés et par conséquent moins intéressants, comme l'analyse dynamique et énergétique du mouvement du pendule). L'utilisation d'éléments de l'Histoire des sciences physiques peut contribuer aussi bien à la construction du mouvement isochrone du pendule qui constitue un important obstacle conceptuel pour les élèves, qu'à la construction d'une relation qualitative entre la période du pendule et la gravité ;
- la mise en valeur enfin de la méthode hypothético-déductive comme choix méthodologique fondamental semble acquérir, outre une validité épistémologique (par rapport à l'approche empiriste de l'enseignement traditionnel), une validité pédagogique puisque la mise en valeur de l'isochronie en tant que problème conceptuel de base, peut faciliter la compréhension du processus expérimental grâce auquel il est possible de mettre en relief les lois du pendule.

Les principes de base d'un enseignement innovant du pendule, énoncés ci-dessus au niveau du collège grec, ont déjà été transformés dans plusieurs séries d'unités didactiques qui seront appliquées afin qu'en soient évalués les résultats cognitifs et qu'ils soient comparés à ceux de la présente étude. Cette recherche est en cours d'élaboration.

Références bibliographiques

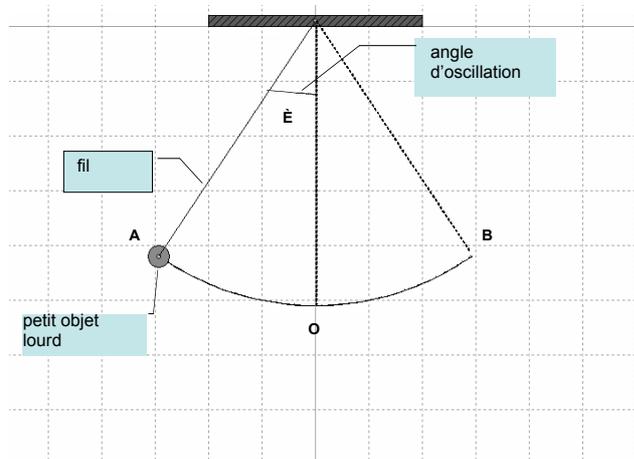
- Baltas, A. (1990). Once again on the meaning of physical concepts. _n P. Nikolakopoulos (Ed.), *Greek studies in the Philosophy and History of Science* (pp. 293-313). The Netherlands : Kluwer Academic Publishers.
- Bond, G.T. (2002). Piaget and the Pendulum. _n M.R. Matthews (Ed.), *International Pendulum Project, Conferences Papers*, volume 1 (pp. 121-129). Sydney : The University of New South Wales.
- Cwudkova, L. & Musilova, J. (2000). The Pendulum : A Stumbling Block of Secondary School Mechanics, *Physics Education*, 35(6), 428-435.
- Dossis, S. (2006). *Les représentations mentales des élèves de 3° concernant le pendule simple et leur évolution dans le cadre d'un projet d'enseignement innovateur*. Mémoire de DEA, Université de Patras, Patras.
- Dossis, S. & Koliopoulos, D. (2005). The problem of timekeeping with the help of the simple pendulum : An empirical study of 14-15-year-old Greek school students. In M.R. Matthews (Ed.), *International Pendulum Project, Conferences Papers*, volume 1 (pp. 65-77). Sydney : The University of New South Wales.
- Flandé, Y. (2000). *Protocoles expérimentaux, tests d'hypothèses et transfert, en sciences, à l'école primaire*. Thèse de doctorat, Université Paris 7, Paris.
- Galili, I. & Sela, D. (2002). Pendulum activities in the Physics curriculum : Used and missed opportunities. In M.R. Matthews (Ed.), *International Pendulum Project, Conferences Papers*, volume 2 (pp. 189-203). Sydney : The University of New South Wales.
- Hodson, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19-40.

- Il-Ho Yang, Yong-Ju Kwon & Jin-Woo Jeong (2002). Effects of Students Prior Knowledge on Scientific Reasoning in Solving Pendulum Task. In M.R. Matthews (Ed.), *International Pendulum Project, Conferences Papers*, volume 1 (pp. 163-175). Sydney : The University of New South Wales.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. London : Routledge and Kegan Paul.
- Koliopoulos, D. & Constantinou, C. (2005). The simple pendulum in the school science textbooks of Greece and Cyprus. *Science & Education*, 14(1), 59-73.
- Koumaras, P. (2002). Using the Pendulum in the Education of Teachers. In M.R. Matthews (Ed.), *International Pendulum Project, Conferences Papers*, volume 2 (pp. 205-219). Sydney : The University of New South Wales.
- Matthews, M.R. (2000). *Time for Science Education*. The Netherlands : Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Matthews, M.R., Gauld, C.F. & Stinner, A. (Eds.) (2005). *The Pendulum, Scientific, Historical, Philosophical & Educational Perspectives*. Dordrecht : Springer.
- Petraki, D. (2005). *Les conceptions des élèves de 3^e sur la mesure du temps et le pendule*. Mémoire de maîtrise, Université de Patras, Patras.
- Stafford, E. (2002). What the Pendulum can Tell Educators about children's Scientific Reasoning. In M.R. Matthews (Ed.), *International Pendulum Project, Conferences Papers*, volume 2 (pp. 145-175). Sydney : The University of New South Wales.

Annexe 1

Questionnaire

Tout d'abord lire ce texte



Pour construire un **pendule simple**, nous avons besoin d'accrocher un petit objet lourd au bout d'un fil. Puis, nous fixons l'autre bout du fil et nous déplaçons l'objet de la verticale (position O) vers la position A. Si nous lâchons l'objet, il va alors se balancer jusqu'à la position B, puis il va revenir à la position A et répéter ce mouvement (voir la figure).

Compléter les informations suivantes :

Ecole, Nom, Prénom, Sexe, Classe,

1) Le cadran solaire, l'horloge mécanique et le sablier sont trois types d'horloge que l'espèce humaine a utilisé dans le passé pour mesurer le temps.

_) Indiquez le nom de chaque type d'horloge sous la photographie correspondante.

(photo sablier) (photo horloge mécanique) (photo cadran solaire)

_) Entourez la réponse qui vous semble correcte.

Dans quel ordre chronologique pensez-vous que l'homme les a utilisé ?

- (i) D'abord l'horloge mécanique, puis le sablier et enfin le cadran solaire
- (ii) D'abord le cadran solaire, puis l'horloge mécanique et enfin le sablier
- (iii) D'abord le cadran solaire, puis le sablier et enfin l'horloge mécanique
- (iv) D'abord le sablier, puis l'horloge mécanique et enfin le cadran solaire
- (v) Je ne sais pas

C) Entourez la réponse qui vous semble correcte.

Parmi les instruments de mesure du temps suivants, quels sont ceux qui ont la plus grande précision ?

- (i) Le cadran solaire
- (ii) L'horloge mécanique
- (iii) Le sablier
- (iv) Je ne sais pas

Justifier votre réponse

2) Mettre un V dans les propositions suivantes qui vous semblent vraies et un F si elles vous paraissent fausses.

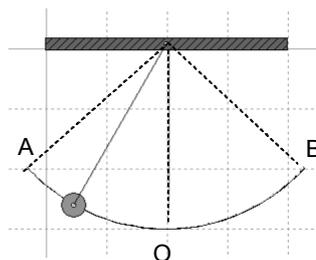
L'amélioration de la précision des horloges utilisées à différentes époques a considérablement influencé :

- Les voyages maritimes
- Les travaux agricoles
- L'espérance de vie moyenne des gens
- La découverte de la forme de la Terre
- L'escalade de l'Everest

3.) Entourez la réponse qui vous semble correcte.

La durée nécessaire pour que le pendule simple représenté sur la figure ci-dessous se balance de la position A à la position B est :

- (i) Supérieure à la durée nécessaire pour qu'il retourne de la position B à la position A
- (ii) Identique à la durée nécessaire pour qu'il retourne de la position B à la position A
- (iii) Inférieure à la durée nécessaire pour qu'il retourne de la position B à la position A
- (iv) Je ne sais pas.

**3.) Entourez la réponse qui vous semble correcte.**

Quelle doit être la longueur du fil d'un pendule simple pour que la durée nécessaire pour parcourir une oscillation simple soit une seconde ? (Une simple oscillation correspond au mouvement du pendule de la position A à la position B).

- (i) 80 cm
- (ii) 100 cm
- (iii) 120 cm
- (iv) 180 cm
- (v) Je ne sais pas.

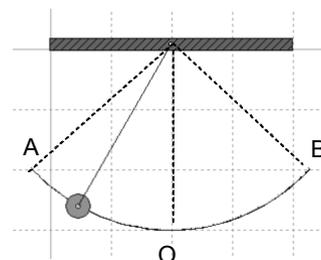
4) Entourez la réponse qui vous semble correcte.

Le pendule simple représenté sur la figure ci-contre peut osciller librement depuis la position A. Peu à peu, l'amplitude de l'oscillation diminue.

La durée nécessaire pour exécuter une simple oscillation :

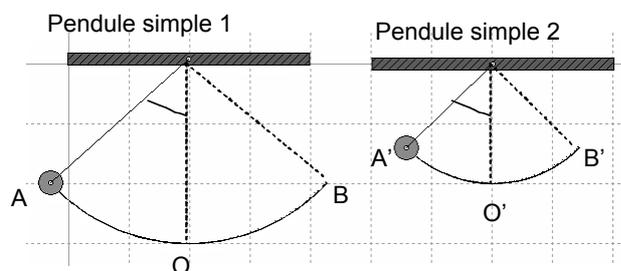
- (i) Augmente durant l'évolution du phénomène
- (ii) Diminue durant l'évolution du phénomène
- (iii) Ne change pas durant l'évolution du phénomène
- (iv) Je ne sais pas

Justifier votre réponse

**5) Entourez la réponse qui vous semble correcte.**

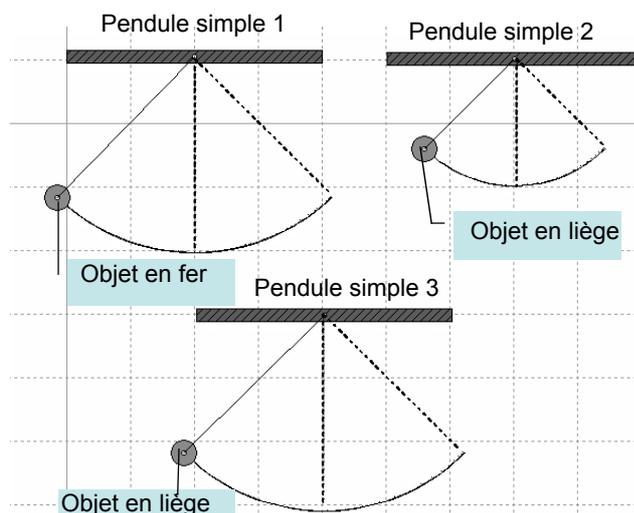
Les deux pendules simples de la figure ci-contre diffèrent seulement par la longueur du fil. Si nous les laissons osciller librement, que va-t-il se passer ?

- (i) La durée d'oscillation du pendule simple 1 est plus grande que celle du pendule 2
- (ii) La durée d'oscillation du pendule simple 2 est plus grande que celle du pendule 1
- (iii) Les durées d'oscillation des deux pendules sont identiques
- (iv) Je ne sais pas

**6) Entourez la réponse qui vous semble correcte.**

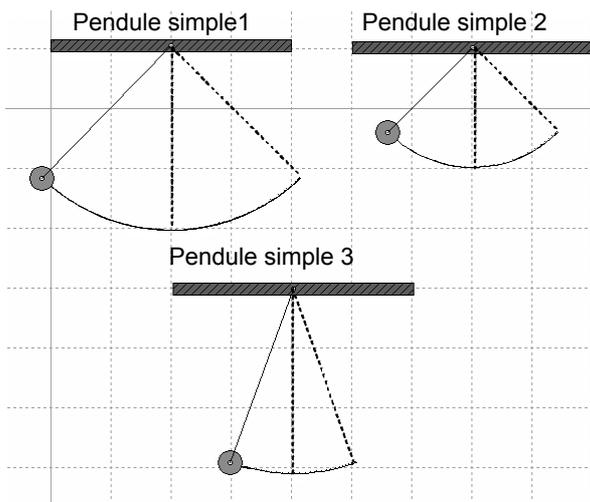
La figure ci-contre représente trois pendules simples qui diffèrent deux par deux, soit par le poids de l'objet, soit par la longueur du fil. Si vous voulez tester l'influence de la longueur du fil sur la durée d'une simple oscillation, quels sont les pendules à utiliser ?

- (i) Pendules 1 et 2
- (ii) Pendules 1 et 3
- (iii) Pendules 2 et 3
- (iv) Les trois pendules
- (v) Je ne sais pas



7) Entourez la réponse qui vous semble correcte.

La figure ci-contre représente trois pendules qui diffèrent deux par deux, soit par la hauteur du point de départ (plus ou moins haut), soit par la longueur du fil. Si vous voulez tester l'influence de la position de départ sur la durée d'une simple oscillation, quels sont les pendules à utiliser ?



- (i) Pendules 1 et 2
- (ii) Pendules 1 et 3
- (iii) Pendules 2 et 3
- (iv) Les trois pendules
- (v) Je ne sais pas

Justifier votre réponse

8) Un étudiant étudie l'oscillation des pendules simples. Pour chaque cas, il laisse un pendule osciller et il note dans le tableau ci-dessous les résultats des mesures et des calculs :

Nombre d'oscillations simples	longueur du pendule simple (cm)	Durée des oscillations				Durée d'une oscillation simple (sec)
		1 ^{er} essai	2 ^o essai	3 ^o essai	Moyenne	
10	50	7	7,10	7,10	7,1	0,7
10	100	10,1	10,0	10,1	10,1	1,0
10	150	12,3	12,2	12,3	12,3	1,2
10	200	14,2	14,2	14,1	14,2	1,4

_) Entourez la réponse qui vous semble correcte.

L'étudiant étudie les facteurs suivants :

- (i) La durée d'une simple oscillation et la longueur du fil d'un pendule simple
- (ii) La longueur du fil d'un pendule simple et le nombre d'oscillations simples
- (iii) Le nombre d'oscillations simples et la durée de celles-ci
- (iv) La durée des oscillations et la durée d'une oscillation simple
- (v) Je ne sais pas

_) Entourez la réponse qui vous semble correcte.

Ensuite, l'étudiant a réfléchi au choix du pendule simple qu'il faudrait utiliser pour mesurer le temps nécessaire pour que son ami court une fois autour de la cours de l'école (le temps nécessaire est d'environ 50 secondes). Lequel des quatre pendules simples a-t-il choisi pour mesurer cette durée ?

- (i) Celui possédant une longueur de fil de 50 cm
- (ii) Celui possédant une longueur de fil de 100 cm
- (iii) Celui possédant une longueur de fil de 150 cm
- (iv) Celui possédant une longueur de fil de 200 cm
- (v) Je ne sais pas

Etude de la contribution des tableurs dans le processus de résolution des problèmes en mathématiques

Kostas Lavidas, Vassilis Komis, Kostas Zacharos
et Vassiliki Papageorgiou

• Département des Sciences de l'Education, Université de Patras, Grèce
lavidas@upatras.gr
komis@upatras.gr
zacharos@upatras.gr
vpapageorgiou@upnet.gr

Résumé

Le présent article a comme objectif l'étude de la contribution des tableurs dans la résolution des problèmes mathématiques. Une étude de cas a été menée pendant laquelle le tableur est utilisé comme outil de médiation dans des situations de résolution de problèmes algébriques. Trois paires d'élèves du collège ont résolu un problème ouvert concernant les notions de proportionnalité et de proportionnalité ouverte à l'aide du logiciel Excel. Une analyse qualitative des actions et des dialogues des élèves pendant la résolution du problème montre que les caractéristiques de base des tableurs pouvant contribuer de manière essentielle à la résolution des problèmes algébriques sont doubles : la représentation dynamique des données et l'automatisation des calculs.

Mots clés

Modélisation – Proportionnalité – Raisonnement algébrique – Résolution des problèmes – Tableurs

Abstract

This paper aims at highlighting the contribution of spreadsheets in solving mathematical problems. More specifically, it reports on a case study where the spreadsheet is used as a tool of mediation towards the resolution of algebraic problems. Three pairs of high school students were asked to work within the environment of the "Excel" in order to solve an open problem concerning the notion of proportionality. A qualitative analysis of students' actions and dialogues during the resolution of the problem shows that the latter can actually be supported by two main characteristics of the spreadsheets: the dynamic representation of the data and the automation of the calculations.

Key Words

Algebraic thinking – Modelling – Problem resolution – Proportionality – Spreadsheets

Introduction

Les tableurs sont des logiciels permettant d'organiser, traiter, sauvegarder et présenter de différentes manières des informations, principalement en forme numérique. Ils ont été créés pour remplacer – surtout grâce à leur possibilité d'accélérer les calculs – les systèmes manuels de manipulation, de calcul et de sauvegarde de données. Depuis leur apparition, il y a près de 25 ans, ils ont trouvé des applications dans des domaines variés : en sciences économiques comme outil de planification et de prévision, dans les systèmes comptables comme outil de calcul, mais aussi en logistique, en ingénierie ou en mathématiques (Depover, Karsenti & Komis, 2007). Au niveau technique, les tableurs comportent une ou plusieurs matrices (tableaux quadrillés rectangulaires), appelées aussi feuilles de calcul, composées d'un certain nombre de lignes et de colonnes. Le croisement entre une

ligne et une colonne définit une cellule qui peut comporter des valeurs (données sous la forme de chiffres ou de texte), des formules ou des fonctions (mathématiques ou logiques). Une formule est une relation définie explicitement par l'utilisateur entre le contenu de différentes cellules tandis qu'une fonction est une formule prédéfinie par le logiciel que l'utilisateur peut appeler selon ses besoins.

La formule et la fonction représentent le niveau de formule (*formula layer*) et calculent selon les valeurs existantes dans une ou plusieurs cellules impliquées dans cette formule ou cette fonction. La valeur qui se trouve dans une cellule contenant une formule ou une fonction représente le niveau de valeur (*value layer*). Le degré de compréhension concernant la nature de ces deux niveaux détermine la complexité des tableurs (Ellis & Maltzahn, 1994). La grande force des tableurs réside, d'une part, dans la possibilité d'établir des liens entre le contenu des cellules, ce qui implique qu'une modification d'une cellule est immédiatement répercutée à toutes les cellules qui en dépendent et, d'autre part, dans la capacité des outils de visualisation qui y sont associés (grapheurs).

Les tableurs sont des logiciels permettant de traiter et de modéliser des données numériques en nous offrant ainsi la possibilité de créer des modèles représentant des aspects importants de la réalité. Dans ce sens, grâce aux relations établies entre les données, les tableurs constituent non seulement des instruments de calcul très puissants, mais aussi des dispositifs technologiques permettant d'analyser des données et de résoudre des problèmes numériques ouverts et complexes.

Le succès des tableurs repose en grande partie sur le fait qu'ils utilisent un langage simple et déclaratif (au sens informatique du terme) de production de formules (Hodnigg, 2005). La création d'une feuille de calcul par l'utilisateur final se fait sans coût cognitif très élevé. Dans la plupart des cas, celui-ci remplit simplement la feuille en résolvant des problèmes simples sans être obligé de créer une petite application (c'est-à-dire construire un programme informatique). Les tableurs sont des outils hautement interactifs car, d'une part, l'utilisateur est libre de manipuler les valeurs à volonté et, d'autre part, la distance entre l'entrée et la sortie du système n'est pas très longue et par conséquent l'interaction est plus souple et apparaît plus naturelle (Dix, Finlay, Abowd & Beale, 2003).

Les tableurs sont très largement utilisés dans les domaines de la gestion, de la logistique ou de la comptabilité où le besoin de présenter des informations sous la forme de tableaux et de graphiques est très important. Ils trouvent également des applications dans la gestion de l'école et, de plus en plus, dans le processus d'enseignement et d'apprentissage en favorisant la redécouverte expérimentale et la résolution de problèmes (Baker & Sugden, 2003).

Cadre théorique

Offrant un cadre d'exploration concrète pour certains concepts abstraits, l'utilisation des tableurs est assez habituelle dans les classes de mathématique et de sciences exactes, de l'école élémentaire à la fin du secondaire, (Johnston-Wilder & Pimm, 2005). La simplicité de la manipulation des informations (trier, rechercher et transformer) et les possibilités de représenter graphiquement et de manière simultanée (courbes, histogrammes, diagrammes à barres, etc.) de vastes ensembles de données procurent aux tableurs une grande valeur heuristique pour de nombreuses activités d'enseignement et d'apprentissage. Les usages des tableurs dans des situations d'apprentissage peuvent être envisagés soit dans le cadre de l'utilisation de tableaux déjà préparés par le professeur en vue de simuler un modèle préconstruit, soit dans le cadre de la création de nouvelles feuilles de calcul en vue de favoriser l'expression et l'organisation des idées des élèves (Depover, Karsenti & Komis, 2007 ; Komis, Lavidas, Papageorgiou, Zacharos & Politis, 2006). En d'autres termes, il s'agit de construire et de manipuler des feuilles de calcul en vue de développer des connaissances disciplinaires et des compétences transversales.

On peut, par conséquent, considérer l'utilisation des tableurs en classe comme une aide au développement des compétences numériques des élèves, dans le cadre de situations pédagogiques très diversifiées. Les tableurs sont également employés comme des outils de simulation (usage d'un modèle préconstruit) et de modélisation (conception et construction du modèle par les élèves).

Le tableur, dans l'apprentissage des mathématiques et des sciences exactes, est un outil très puissant d'abstraction et, à ce titre, il peut être utilisé comme dispositif pour tracer des courbes, pour étudier des fonctions et pour aborder la notion de variable. Cette dernière, qui est une notion de base pour plusieurs disciplines, peut être approchée par le biais d'un tableur de façon très concrète (McFarlane, 1997). Un tableur permet aussi d'introduire les élèves aux expressions algébriques en utilisant des notations propres aux mathématiques et à la notion de fonction mathématique. Le tableur représente un espace dynamique et interactif pour décrire des relations entre grandeurs et pour aborder, par conséquent, la notion de fonction.

L'utilisation du tableur semble être particulièrement efficace pendant l'exploration des modèles mathématiques et la construction de certains concepts scientifiques comme les notions de variable ou de relation fonctionnelle (Dugdale, 2001). Les tableurs permettent aussi d'établir et d'analyser les relations entre des observations de manière beaucoup plus efficace que sur papier (Karasavvidis, Pieters & Plomp, 2003).

Les études de terrain (Abramovich, 2000 ; Dugdale, 2001 ; Karasavvidis, Pieters & Plomp, 2003 ; Sutherland & Balacheff, 1999), inspirées principalement par des perspectives socioconstructivistes et socioculturelles, décrivent plusieurs utilisations éducatives des tableurs en tant qu'outils supportant des compétences de haut niveau telles que la sélection, la structuration, l'interprétation et la mise en relation des données, le raisonnement

combinatoire, le raisonnement probabiliste et la découverte de relations entre variables. Les tableurs peuvent créer des situations didactiques favorables pour aider les élèves à :

- a) combler le fossé entre le raisonnement numérique et le raisonnement algébrique ;
- b) organiser des données brutes dans le but d'une analyse plus approfondie, sans dépenser du temps pour programmer dans un environnement informatique compliqué ;
- c) utiliser leur temps scolaire pour réfléchir à des concepts et des notions.

Dans ce contexte, les tableurs constituent un exemple particulièrement probant d'une technologie permettant d'amplifier et de structurer le fonctionnement cognitif. C'est pourquoi ils sont considérés comme des outils cognitifs (Hershkowitz, Dreyfus, Ben-Zvi, Friedlander, Hadas, Resnick & Tabach, 2002 ; Jonassen, 1996 ; Jonassen, Peck & Wilson, 1999 ; Norman, 1989 ; Ruthven & Hennessy, 2002 ; Tabach & Friedlander, 2004).

Des méta-analyses récentes (Abramovich, 2003 ; Baker & Sugden, 2003) confirment ces résultats. L'usage d'un tableur implique une variété de processus cognitifs tels que la manipulation de valeurs et de formules, la découverte de règles et de relations et la structuration et l'organisation de l'information (Jonassen, 1996). Les apports de l'utilisation des tableurs au développement cognitif peuvent se résumer (Depover, Karsenti & Komis, 2007 ; Jonassen, 1996 ; Jonassen, Peck & Wilson, 1999) en trois grandes catégories :

- des compétences concernant la pensée critique telles que l'évaluation de l'information (par exemple déterminer des critères, poser des priorités, vérifier), l'analyse (reconnaître des modèles, classer, spécifier les idées principales) et la mise en relation d'éléments (comparer, différencier, déduire, induire, identifier des relations causales) ;
- des compétences concernant la pensée créative telles que la conception (développer, modifier, concrétiser), la prévision (faire des analogies, synthétiser, avancer des conjectures, planifier) et l'imagination ;
- des compétences concernant la pensée complexe telles que la conception (imaginer et formuler des buts, inventer), la résolution de problèmes (comprendre et formuler le problème, trouver différentes alternatives, choisir une solution, valider la solution) et la prise de décision (identifier une issue, générer des alternatives, considérer les conséquences, faire et évaluer des choix).

Cadre méthodologique

Objectifs de la recherche

Le but de cette recherche est d'étudier en quoi les tableurs contribuent à la résolution de problèmes et en particulier à la résolution des problèmes mathématiques exigeant un raisonnement algébrique.

Dans ce cadre, l'environnement du tableur est utilisé comme outil de médiation dans des situations de résolution de problèmes et les objectifs de recherche concernent deux axes principaux :

- a) déterminer les caractéristiques des tableurs en ce qu'ils/qui soutiennent potentiellement le processus de résolution du problème par les élèves ;
- b) explorer la contribution des tableurs dans l'effort que font les élèves pour développer des raisonnements algébriques.

Le processus de la recherche

Le processus que nous étudions ici s'est déroulé en deux phases :

- a) rappel des caractéristiques de base et des fonctionnalités du tableur car ce sont des éléments nécessaires à son utilisation dans la résolution de problème ;
- b) intervention didactique par l'intermédiaire du tableur ; cette phase revêtait la forme d'une activité de collaboration entre deux élèves avec le soutien du maître dans le rôle du facilitateur.

Dans la première phase (familiarisation avec les outils de calcul) d'une durée de 15 minutes, le facilitateur a pour objectif de rappeler aux deux participants (deux élèves) les fonctionnalités de base du tableur (le programme *Microsoft Excel* a été utilisé ici) de façon que la résolution du problème qui suivait et requérait son utilisation soit dénuée de problème. Cette tâche de rappel des principales fonctionnalités des tableurs a donc été d'abord effectuée pour s'assurer que les élèves n'avaient pas d'obstacles cognitifs propres aux connaissances liées à la manipulation de l'outil informatique. L'analyse de cette tâche nous a montré que les élèves avaient acquis les managements techniques nécessaires pour l'accomplissement de la tâche mathématique.

La deuxième phase (intervention didactique), principale phase de la recherche, concerne la résolution de problème en équipe par l'entremise du tableur. Elle se caractérise donc par le fait qu'avec le soutien du maître facilitateur, les participants s'impliquent dans une situation didactique de résolution d'un problème ouvert mettant en jeu un scénario d'apprentissage. C'est cette phase qui est détaillée ici.

Les participants sont des élèves de 5^e du collège (d'environ 14 ans) auxquels le tableur avait été enseigné dans le cadre du contenu du cours d'informatique durant cinq heures. L'expérimentation a eu lieu deux mois après l'enseignement des notions concernant les tableurs en classe d'informatique.

Le scénario employé pour le problème (voir Annexe) a pour objet l'étude du prix de l'utilisation du téléphone mobile et revêt la forme d'un problème ouvert. Nous avons fait l'hypothèse que, touchant leur vie quotidienne, ce thème intéresserait les élèves. Par ailleurs, une feuille de travail adaptée au scénario servait à la fois de guide pour les participants et de facilitateur pour leurs raisonnements. Pour répondre aux besoins de l'intervention didactique, avait été élaboré dans le programme *Excel* un environnement de travail tout prêt (feuille de calcul) dans lequel les élèves réalisaient des opérations simples telles qu'elles étaient décrites sur la feuille de travail. Ces opérations concernent principalement la construction de formules, l'introduction de données et leur évaluation.

L'intervention didactique avait pour but d'enseigner les concepts de proportionnalité et de proportionnalité inverse. Ses objectifs didactiques concernaient :

- a) la capacité des élèves à reconnaître les concepts de sommes proportionnelles et inversement proportionnelles dans un problème de type ouvert ;
- b) leur compréhension des propriétés de ces concepts et leur capacité à les utiliser pour résoudre des problèmes les mettant en jeu.

Cette phase comporte trois parties. Ces dernières, telles qu'elles sont décrites dans les deux feuilles de travail, concernent un processus de modélisation (c'est-à-dire l'élaboration par les élèves d'un modèle de résolution du problème), notre intention étant que les élèves passent du particulier au général et du concret à l'abstrait.

Dans la première partie les élèves sont invités à clarifier le problème et à en explorer les différents aspects. Le principal élément de contrôle de leurs raisonnements est constitué par la réponse à la question *donnez un exemple de votre choix avec des valeurs précises* (1^{er} stade).

La deuxième partie vise la mise en relation qualitative des paramètres composant le problème. En outre, des explications de type réflexif sont demandées par le biais de questions telles que *justifiez votre choix* (2^o stade). Enfin, ces relations font l'objet d'une formalisation algébrique (3^o stade).

Dans la troisième partie enfin, venant faciliter le processus et automatiser les calculs, l'ordinateur vient renforcer l'effort des élèves comme collaborateur informatique. A cet effet, un environnement de travail tout prêt (une feuille de calcul) est utilisé dans le programme *Excel*, servant à introduire les raisonnements formulés précédemment.

Dans cette dernière partie, on distingue les stades suivants :

- a) construction et éventuelle restructuration du modèle dans l'environnement du tableur dans lequel les élèves devront introduire une formule (c'est-à-dire une équation mathématique) et s'assurer qu'elle correspond bien à la résolution du problème (4^o stade) ;
- b) évaluation du modèle pour déterminer les critères essentiels des concepts étudiés (5^o et 6^o stades) : en utilisant la formule précédente les élèves doivent faire les calculs adéquats leur permettant d'identifier les propriétés des concepts. Cette construction du concept signifie que l'élève a la capacité de distinguer les critères essentiels (en l'occurrence les propriétés des sommes proportionnelles et inversement proportionnelles) c'est-à-dire qu'il peut s'y référer et être capable de trouver lui-même des exemples correspondant à un concept ou qui au contraire ne le concernent pas (de Vecchi, 2006).

Une analyse didactique a priori du problème proposé aux élèves nous montre que la situation proposée implique le concept de proportionnalité qui occupe une place spéciale dans l'enseignement des mathématiques et des sciences. En même temps, le concept de la proportionnalité constitue une notion très utilisée dans la vie courante. Son utilisation est transversale dans l'enseignement de différentes disciplines et à plusieurs niveaux scolaires. Dans l'enseignement traditionnel, la notion de proportionnalité est abordée d'abord par des tableaux de valeurs et ensuite par le graphique d'une droite. Même si l'on demande une approche qualitative de la notion (par la résolution des problèmes), les élèves ne disposent pas d'outils pour valider leurs solutions. Un logiciel tableur peut servir pour une approche qualitativement différente de la proportionnalité, en proposant des activités de modélisation qui sont basées sur des simulations des données numériques contenues dans la feuille de calcul, permettant ainsi la vérification immédiate du modèle construit. Il comporte aussi toutes les représentations alternatives qui sont utilisées en mathématiques en constituant un espace de travail transitionnel qui offre aux élèves des objets à manipuler pour travailler sur des concepts.

La recherche s'est déroulée dans des salles aménagées, avec ordinateur, dans lesquelles les équipes d'élèves ont travaillé à tour de rôle et tout le processus a été enregistré sur vidéo. Grâce à un programme adéquat, ces enregistrements ainsi que les opérations des élèves sur l'ordinateur ont été conservés. Toutes ces données (vidéo, feuilles de travail et notes écrites) ont été analysées par le biais du programme *Collaboration Analysis Tool* (ColAT) (Avouris, Fiotakis, Kahrmanis, Margaritis & Komis, 2007).

Analyse des résultats

L'analyse qui suit est centrée sur la quatrième partie de l'activité concernant la participation à l'environnement du tableur. Elle examine de manière qualitative l'évolution du processus, se concentrant aussi bien sur le dialogue que sur les opérations des élèves, ces derniers formant trois couples différents.

Dans les deux parties précédant l'intervention didactique, les élèves ont étudié le scénario et formulé des raisonnements en vue de résoudre le problème. A cette occasion, ils ont complété la carte conceptuelle

correspondante et ont rendu compte par écrit sur la feuille de travail des premières hypothèses permettant de résoudre le problème. Ce stade a constitué le tremplin à leur utilisation du tableur. L'analyse des données qui suit s'organise autour de trois axes : la construction du modèle, sa modification et son évaluation.

Construction du modèle

Au départ, les élèves construisent le modèle de résolution du problème dans l'environnement du tableur, comme cela a été déterminé au cours des parties précédentes du processus (4^o stade). Par conséquent, ils introduisent la formule dont ils pensent qu'elle correspond à la solution du problème dans l'ordinateur (voir par exemple, Tableau 1, 1^{re} équipe : Construction du Modèle des Sommes Inversement Proportionnelles) et testent le modèle en donnant des valeurs de leur choix ou telles qu'elles sont proposées par la feuille de travail.

Au cours de la construction de la formule (modèle) de résolution du problème dans le cadre du tableur, nous observons dans un certain nombre de cas que ce dernier soutient le raisonnement algébrique c'est-à-dire la formulation d'équations (formules) utilisant comme variables les adresses relatives des cellules :

- Elève : *ensuite on prend la somme totale à payer ... quelle cellule c'est, la B5. On met moins et après on clique sur la cellule D5 qui est la redevance et on tape enter* (Tableau 1, 1^{re} équipe : Construction du Modèle des Sommes Inversement Proportionnelles).

Malgré cela, il semble que les élèves aient des difficultés à percevoir immédiatement qu'ils ont construit le modèle de résolution du problème et que ce modèle peut fonctionner comme mécanisme de résolution de problèmes analogues avec des données différentes. Autrement dit, il semble que résoudre un problème sans faire appel à des données précises ne soit pas évident pour eux (Tableau 1, 1^{re} et 2^o équipes). Le dialogue et les opérations que mène la 3^o équipe n'indiquent pas un comportement analogue, bien que les élèves qui la constituent, comme l'ont montré les précédentes phases de l'activité, se soient trouvés confrontés à davantage de difficultés que les élèves des deux autres équipes aussi bien quant à leurs connaissances de base et capacités concernant le fonctionnement du tableur qu'en mathématiques.

Tableau 1. Construction de modèle (D : Facilitateur, -, X, -, _ : élèves)

1 ^{re} équipe : Construction de Modèle de Sommes Proportionnelles		
Temps	Acteur	Action
00 : 25 : 07	D	Et comme cela donc on calculera la somme totale à payer?
00 : 25 : 08	P	Oui, si on a un chiffre ici ?
00 : 25 : 10	D	Pourtant qu'est-ce que tu as dit Eléni ? On n'a pas de chiffre ?
00 : 25 : 12	E	Ici on n'a pas de chiffre
00 : 25 : 14	D	C'est-à-dire que nous n'avons pas calculé nous-mêmes la somme totale à payer?
00 : 25 : 18	P	Non
00 : 25 : 19	D	Et ce que nous avons fait, qu'est-ce que c'était ?
00 : 25 : 24	E	Si on met un chiffre on trouvera...
1 ^{re} équipe : Construction de Modèle de Sommes Inversement Proportionnelles		
Temps	Acteur	Action
00 : 40 : 15	E	D'abord le signe « égal » pour faire la formule
00 : 40 : 17	E	Ensuite on prend la somme totale à payer ... quelle cellule c'est, la B5. On met « moins » et ensuite on clique sur la cellule D5 qui est la redevance et on appuie sur « Enter ».
00 : 40 : 45	P	Alors, sur les minutes de communication... on appuie sur 'égal' et il est égal au, on appuie sur B9 et on divise par F5
00 : 41 : 09	P	Et on appuie sur « Enter » ... oh, qu'est-ce que j'ai fait ?
00 : 41 : 14	E	Parce qu'ici on n'a pas de valeurs.
2 ^o équipe : Construction de Modèle de Sommes Proportionnelles		
Temps	Acteur	Action
00 : 39 : 17	D	Bien. Alors qu'est-ce qu'on fait maintenant ?
00 : 39 : 22	-	On va faire les formules
00 : 39 : 23	D	C'est-à-dire, quelles seront les formules ?
00 : 39 : 36	-	Alors, pour avoir le résultat dans la cellule B9 il faudra rentrer la formule B5 sur D5
00 : 39 : 54	D	Marilisa est d'accord ?
00 : 39 : 55	-	Mais on n'a pas les éléments
00 : 40 : 00	-	Oui on n'a pas les éléments mais comme formule elle est quand-même juste

D'après les éléments ci-dessus, nous pourrions faire l'hypothèse que le tableur semble soutenir le raisonnement algébrique, bien que ce dernier ne soit pas immédiatement perceptible par les élèves. Le besoin qu'ont les élèves d'utiliser directement des chiffres précis de manière à donner du sens à n'importe quelle construction, le laisse présumer.

Modification du modèle

La restructuration du modèle n'est observée dans aucune équipe. Dans tous les cas, l'introduction des données, les calculs correspondants et la discussion entre les collaborateurs confirment simplement la validité du modèle. Cela dit ce dernier est parfois mis en doute. Dans le Tableau 2, il semble que les élèves ne soient pas certains de cette validité, le résultat ne les convainc pas et la raison en est la complexité des données (des chiffres décimaux de grande précision) puisqu'il ne leur est pas aisé de réaliser mentalement les opérations. Ce problème semble pouvoir être dépassé grâce au papier-crayon qui confirme la validité des calculs automatisés et donc la validité du modèle.

Tableau 2. *Mise en doute des calculs automatiques du tableur (D : Facilitateur, -, __, __, __ : élèves)*

2° équipe : Calculs Automatiques avec le Modèle		
Temps	Acteur	Action
00 : 42 : 21	D*	J'ai quand même l'impression que vous avez des doutes un peu, pourquoi avez-vous des doutes ?
00 : 42 : 28	-	Parce que je n'ai pas fait moi-même les opérations. C'est pour ça.
00 : 42 : 30	D	Vous pensez que ça nous arrangerait, pour ne pas utiliser le papier et le crayon, de mettre d'autres chiffres
00 : 42 : 37	-	Plus faciles
	
00 : 44 : 05	-	Je peux le faire sur papier ?
00 : 44 : 12	D	C'est-à-dire, comment faudrait-il que tu le calcules? Comment tu le calculerais toi sur le papier ?
00 : 44 : 15	-	Je ferais 4 par 0,20
00 : 44 : 18	-	0,8 d'accord
00 : 44 : 21	D	Finalelement, juste ou faux ?
00 : 44 : 22	-	Juste

On observe donc que les élèves ont une plus grande familiarité avec les outils de soutien de raisonnements qu'ils utilisent tous les jours. Ils leur accordent une plus grande confiance. Cette observation révèle le caractère opaque des systèmes informatiques dont la plupart des fonctionnalités ne sont pas directement visibles par les utilisateurs. Il en résulte des malentendus et donc des problèmes de confiance, dans la mesure où leur utilisation n'est pas familière.

Evaluation du modèle

Au cours de cette phase, les élèves réfléchissent en vue de déterminer les critères essentiels des concepts étudiés (propriétés des sommes proportionnelles et inversement proportionnelles).

La phase des calculs était très brève et n'excédait pas deux minutes (5° stade). Les élèves réalisent ici cinq opérations différentes (par exemple, pour les sommes proportionnelles, des valeurs de 4, 40, 30, 45, et 50 minutes). Le reste du temps disponible semble être alloué à la réflexion concernant les concepts étudiés. De même, durant le même temps, au niveau des opérations avec le tableur, les élèves distribuèrent les résultats des calculs précédents dans des cellules particulières, de façon à rendre possible l'activité de réflexion ci-dessus.

Par la suite, on procède à l'analyse des opérations que les élèves ont menées en vue de déterminer les critères essentiels relatifs aux concepts des sommes proportionnelles et inversement proportionnelles. Il s'agit de la phase durant laquelle les élèves essaient de déterminer la forme de leur représentation graphique (respectivement une droite et une courbe de forme hyperbolique) ainsi que la relation unique qui les unit (respectivement quotient stable et produit) (5° et 6° stade).

1^{er} critère essentiel

Représentation graphique des « sommes proportionnelles et inversement proportionnelles »

Au cours de cette phase, il s'agit de faire correspondre les données à des points dans un système d'axes orthogonaux. Cette transposition des données arithmétiques en points sur un plan se fait automatiquement sans

qu'il soit nécessaire que les élèves perdent du temps à cette construction. La reconnaissance du schéma pour la « droite – sommes proportionnelles » se fait ainsi directement et relativement facilement dans toutes les équipes (Tableau 3), alors que pour l'« hyperbole – sommes inversement proportionnelles » il y eut des problèmes de reconnaissance dans certains cas, lorsque les élèves caractérisaient le schéma de représentation graphique de courbe, sans forme particulière (Tableau 3, 3^e équipe : Sommes Inversement Proportionnelles et Graphique « Hyperbole »).

De plus, dans le cas de la 2^e équipe (Tableau 3, 2^e équipe : Sommes Proportionnelles et Graphique « droite ») la représentation dynamique des données dans le graphique semble faciliter le processus de raisonnement entre les élèves. Aussi formulent-ils non seulement des conjectures et des doutes, finalement contrôlés par l'utilisation de l'outil (Tableau 3, 3^e équipe : Sommes Proportionnelles et Graphique « droite »), mais aussi des interprétations et même des prévisions possibles :

Elève : plus le nombre de minutes de communication augmente, plus la somme à payer augmente
(Tableau 3, 2^e équipe : Sommes proportionnelles et Graphique « droite »).

Tableau 3. Détermination de la forme de la représentation graphique (D : Facilitateur, __, __, __, __ : élèves)

1 ^{re} équipe : Sommes Proportionnelles et Graphique « Droite »		
Temps	Acteur	Action
		<i>Les élèves saisissent les valeurs qu'ils ont calculées dans certaines cellules (5- stade)</i>
00 : 28 : 42	P	Après 30
00 : 28 : 44	E	30. Allons voir
.....
00 : 29 : 51	P	Oui, une droite
1 ^{re} équipe : Sommes Inversement Proportionnelles et Graphique « Hyperbole »		
Temps	Acteur	Action
00 : 44 : 11	E	Une ligne courbe
00 : 44 : 12	P	Courbe
2 ^e équipe : Sommes Proportionnelles et Graphique « Droite »		
Temps	Acteur	Action
00 : 46 : 27	_	Si on unit les points en haut sur le tableau, ça formera un segment de droite
00 : 46 : 32	D	Par quel autre point passe ce segment de droite ?
00 : 46 : 35	_	Par ces points-là ici (<i>il montre sur le graphique</i>)
00 : 47 : 02	_	C'est-à-dire que si on en met d'autres ici (points - <i>elle montre sur le tableau</i>) ça ira plus haut.
.....	D	<i>Le facilitateur les incite à essayer.</i>
00 : 47 : 15	_	Davantage que ce que nous avons, nous.
00 : 47 : 21	_	Sauf si nous mettons disons 20, alors ça ira plus bas.
00 : 47 : 45	D	Oh, je ne le vois pas aller plus bas moi.
00 : 48 : 11	_	Plus c'est grand plus ça va haut.
00 : 48 : 13	_	Plus le temps de communication augmente, plus la somme à payer augmente.
3 ^e équipe : Sommes proportionnelles et Graphique « Droite »		
Temps	Acteur	Action
00 : 46 : 00	D	A quoi ressemble ce qui va être produit si nous mettons beaucoup plus de couples ?
00 : 46 : 12	G	A une courbe
00 : 46 : 13	D	A une courbe Éva ?
00 : 46 : 17	E	A une oblique en fait...
		<i>Le facilitateur les incite à essayer d'autres valeurs encore</i>
00 : 48 : 00	G	Une ligne ? (hésitant) droite
3 ^e équipe : Sommes Inversement Proportionnelles et Graphique « Hyperbole »		
Temps	Acteur	Action
01 : 12 : 36	G	Avec une droite
01 : 12 : 39	D	Avec une ligne courbe, hein ?
01 : 12 : 41	E	Ou avec les points d'un cercle, d'une certaine façon...

L'automatisation des calculs d'un côté, la représentation dynamique des données dans un système d'axes orthogonaux de coordonnées de l'autre semblent soutenir le raisonnement des élèves impliqués, tant au niveau de la formulation des hypothèses qu'à celui du contrôle de la validité.

L'automatisation des calculs renvoie à la capacité des tableurs à réaliser, pour différentes données, des calculs automatiques immédiats en fonction du modèle mathématique. La représentation dynamique des données renvoie à la présentation automatique des résultats soit dans certaines cellules contenant les modèles mathématiques soit sous forme de graphiques. Le premier renvoie de plus à l'enregistrement des formules d'une manière indirecte, en cliquant sur les cellules. Ces possibilités des tableurs sont le résultat de la fonction d'interpréteur d'ordres, c'est-à-dire du mécanisme de traduction automatique et d'exécution des ordres dans l'environnement de travail au moment de leur introduction.

2° critère essentiel

Propriété « des sommes proportionnelles et inversement proportionnelles » respectivement quotient et produit.

Grâce à la souris, les élèves choisissent les adresses des cellules pour construire la formule qu'ils copient ensuite en suivant la direction des données (c'est-à-dire en tirant, selon le cas, verticalement ou horizontalement) dans la feuille de calcul. L'automatisation des calculs soutient dans ce cas la reconnaissance immédiate de la propriété ainsi que la formulation des hypothèses (Tableau 4, 1^{re} équipe : Sommes Inversement Proportionnelles et produit stable : Elève : *Plus l'un diminue, plus l'autre augmente.*).

Il semble de plus que la représentation symbolique des données soit soutenue sous la forme d'expressions algébriques, lorsque l'élève utilisateur impliqué ne tape pas les coordonnées des cellules mais les choisit à l'aide de la souris. C'est-à-dire qu'il construit la formule de manière indirecte sans la participation, du moins visible et consciente, des variables dans cette formule. Le dialogue d'une part mais aussi la désignation – choix simultanée à l'aide de la souris de l'autre le laissent présumer (Tableau 4, 1^{re} équipe : Sommes Proportionnelles et quotient stable : *Désignent-choisissent avec la souris et recopient à nouveau la formule*)

Tableau 4. Détermination de la relation (D : Facilitateur, __, _ : élèves)

1^{re} équipe : Sommes Proportionnelles et quotient stable		
Temps	Acteur	Action
00 : 30 : 11	D	On vous dit enfin de remplir la colonne jaune. Vous la voyez la colonne jaune ?
00 : 30 : 21	P	Somme totale à payer
00 : 30 : 24	_	Alors somme totale à payer ...
00 : 30 : 36	P	Divisée par le temps de communication. <i>Désignent-choisissent avec la souris et recopient à nouveau la formule</i>
00 : 30 : 46	D	Qu'est-ce que vous observez les enfants ?
00 : 30 : 57	P	Qu'ils sont tous pareils.
00 : 31 : 05	E	Les sommes sont proportionnelles.
00 : 31 : 38	P	Le nombre d'unités/minutes de communication est proportionnel à la somme totale à payer.
1^{re} équipe : Sommes Inversement Proportionnelles et produit stable		
Temps	Acteur	Action
00 : 46 : 00	E	Plus l'un diminue, plus l'autre augmente.
00 : 46 : 02	E	Non, plus l'un augmente, plus l'autre diminue
00 : 46 : 06	E	... mais je ne peux pas le dire autrement.
00 : 46 : 08	P	Alors, maintenant dans le jaune nous avons multiplié, d'accord ?

L'élément caractéristique de cette phase consiste dans la décharge computationnelle des participants (étant donné que les élèves sont déchargés des calculs par l'ordinateur) et dans le fait qu'ils se consacrent au raisonnement sur les critères essentiels des concepts. Dans ce contexte nous avons constaté des cas où existaient des situations de renforcement du raisonnement algébrique de manière indirecte.

Conclusion

L'analyse ci-dessus a mis en valeur le rôle de deux caractéristiques de base des tableurs, à savoir : la représentation dynamique des données et l'automatisation des calculs.

En ce qui concerne la représentation dynamique des données, il apparaît que les élèves perçoivent immédiatement aussi bien les données que les résultats sur le tableau des calculs du tableur ainsi que les points du graphique. De plus, au cours de la construction de la formule, l'introduction dynamique des cellules concernées soutient le raisonnement des élèves. Cette possibilité des tableurs semble décharger les élèves du raisonnement algébrique rigoureux et les pousse principalement à raisonner sur la validité de la formule, favorisant ainsi les hypothèses, les doutes et les négociations entre eux, en particulier sur le plan de la prévision. Malgré cela, la possibilité qu'avaient les élèves d'interpréter le graphique restait limitée, spécialement dans le schéma de l'«hyperbole – Sommes inversement proportionnelles». Dans certains cas, la discontinuité caractérisant le schéma (quelques points distants) créait des problèmes dans la détermination de sa forme.

Pour ce qui est de l'automatisation des calculs, chaque fois qu'il a été nécessaire de faire des calculs (ceux-ci étant soit décrits sur la feuille de travail, soit faits en plus à l'initiative des collaborateurs), il est apparu que l'immédiateté des résultats soutenait le raisonnement sur les éléments essentiels des concepts à l'étude puisqu'il allégeait le poids des calculs pour les élèves. Pour autant, dans certains cas, il générait des incompréhensions, en particulier du fait d'un manque de confiance des élèves dans cet outil.

Tels qu'ils ont été présentés dans notre analyse, les résultats montrent que ces deux caractéristiques soutiennent le raisonnement algébrique. Cependant, les élèves se trouvent à un stade débutant en ce qui concerne la compréhension et l'utilisation du raisonnement algébrique. Il ressort des données de notre étude que dans la phase de construction du modèle, le tableur ne semble pas contribuer directement dans ce sens. Cela dit, non seulement l'automatisation des calculs mais aussi la représentation dynamique des données, comme cela est le cas à la suite de la phase de détermination des critères essentiels des concepts (sommes proportionnelles et inversement proportionnelles), semble fonctionner dans le sens d'un équilibrage dudit problème. Ainsi, au cours de leur occupation dans l'environnement du tableur, les élèves utilisent toujours davantage d'expressions-entités que de chiffres. Simultanément ils désignent – choisissent ces entités dans les cellules correspondantes avec la souris (indirectement) ou en tapant sur le clavier (directement) pendant la construction symbolique de la formule de calcul. Comme le notent Sutherland et Balacheff (1999, p. 15) « ... les tableurs ne sont pas nécessairement une approche algébrique, mais ils peuvent constituer une base pour une future approche algébrique ».

Références bibliographiques

- Abramovich, S. (2000). Mathematical concepts as emerging tools in computing applications. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 19(1), 21-46.
- Abramovich, S. (2003). Spreadsheet-Enhanced Problem Solving in Context as Modeling, *Electronic Journal of Spreadsheets in Education*, 1, 1-17.
- Avouris, N., Fiotakis, G., Kahrimanis, G., Margaritis, M. & Komis, V. (2007). Beyond logging of fingertip actions : analysis of collaborative learning using multiple sources of data. *Journal of Interactive Learning Research*, 18(2), 231-250.
- Baker, J. & Sugden, S. (2003). Spreadsheets in Education–The First 25 Years. *Spreadsheets in Education*, 1(1), 18-43 [http://www.sie.bond.edu.au].
- Burnett, __, Cook, C., Pendse, O., Rothermel, G., Summet, J. & Wallace, C. (2003). *End-user software engineering with assertions in the spreadsheet paradigm*. Paper at the International Conference on Software Engineering. Portland, Oregon.
- De Vecchi, G. (2006). *Aider les élèves à apprendre*. Paris : Hachette.
- Depover, Ch., Karsenti, T. & Komis, V. (2007). *Enseigner avec les technologies : favoriser les apprentissages, développer des compétences*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. & Beale, R. (2003). *Human-Computer Interaction*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Dugdale, S. (2001). Order out of chaos : A spreadsheet excursion into a mathematical frontier. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(4), 347-365.
- Ellis, S. & Maltzahn, C. (1994). Collaboration with spreadsheets. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 1, 5-23.
- Hershkowitz, R., Dreyfus, T., Ben-Zvi, D., Friedlander, A., Hadas, N., Resnick, T. & Tabach, M. (2002). Mathematics curriculum development for computerized environments : A designer-researcher-teacher-learner activity. In L. English (Ed.), *Handbook of International Research in Mathematics Education* (pp. 657-694). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Hodnigg, __. (2005). A Pragmatic Approach to Spreadsheet Training Based Upon the “Projection-Screen” Model. In R. Mittermeir (Ed.), *From Computer Literacy to Informatics Fundamentals. International Conference on Informatics in Secondary Schools - Evolution and Perspectives* (pp. 116-129). Berlin : Springer.
- Johnston-Wilder, S., & Pimm, D. (2005). *Teaching Secondary Mathematics with ICT*. London : Open University Press.

- Jonassen, D.H. (1996). *Computers in the classroom : Mindtools for critical thinking*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Jonassen, D., Peck, K. & Wilson, B. (1999). *Learning with technology - A constructivist perspective*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.
- Karasavvidis, I., Pieters, J.M. & Plomp, T. (2003). Exploring the mechanisms through which computers contribute to learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 115-128.
- Komis, V., Lavidas, K., Papageorgiou, V., Zacharos, K. & Politis, P. (2006). L'enseignement du tableur au collège en Grèce : étude de cas et implications pour une approche interdisciplinaire. In L.O. Pochon, E. Bruillard & A. Maréchal (Eds.), *Apprendre (avec) les logiciels :entre apprentissages scolaires et pratiques professionnelles* (pp. 253-260). Neuchâtel-Lyon : I.R.D.P.-I.N.R.P.
- McFarlane, A. (Ed, 1997). *Information technology and authentic learning, Realising the potential of computers in the primary classroom*. London : Routledge.
- Norman, D. (1989). *Cognitive artefacts*, Presentation at the Workshop on Cognitive Theory and Design in Human-Computer Interaction. Chappaqua, New-York.
- Ruthven, K. & Hennessy, S. (2002). A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning. *Educational Studies in Mathematics*, 49(1), 47-88.
- Sutherland, R. & Balacheff, N. (1999). Didactical Complexity of Computational Environments for the Learning of Mathematics, *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 4, 1-26.
- Tabach, _ & Friedlander, _ (2004). Levels of student responses in a spreadsheet-based environment, In M.J. Hoines & A.B. Fuglestad (Eds.), *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 423-430). Bergen: Bergen University College.

Annexes

Feuille de travail

Le problème

Une entreprise de téléphonie débite chaque mois ses clients d'une somme stable, indépendamment de l'utilisation faite du téléphone, cette somme s'appelle une redevance (ou forfait). De plus, chaque minute de communication coûte un certain prix, c'est-à-dire qu'il existe un prix pour chaque minute de communication. Un de vos amis voudrait s'abonner à ce service. Pouvez-vous l'aider à mener certaines réflexions ? ...

Feuille de travail I (Sommes proportionnelles)

Première partie

1^{er} stade

Essayons de réfléchir ...

Si la société de téléphonie mobile exige une redevance de 15,60 € par mois, quels autres éléments votre ami devra-t-il prendre en compte pour trouver la somme qu'il devra payer chaque mois ? Donnez un exemple de votre choix avec des valeurs précises.

Solution :

Deuxième partie

2^o stade

Sur la base de vos précédentes réflexions, déterminez, parmi les éléments contenus dans le tableau ci-dessous, ceux qui correspondent aux éléments que vous avez utilisés.

Reliez ces éléments à l'aide de flèches.

Justifiez votre choix.

Prix à la minute	Nombre d'unités de communication	Redevance
Somme à payer pour les unités	Somme totale à payer	

3^o stade

Voici maintenant des relations algébriques qui relient les éléments ci-dessus. Quelle peut être l'équation qui nous donne le « montant de paiement des minutes » ainsi que l'équation pour la « somme totale à payer » ? Complétez correctement les relations ci-dessous :

Somme à payer pour les unités :
Somme totale à payer :

Troisième partie

Pour aider votre ami, vous utiliserez le Microsoft Excel pour construire un modèle de prévisions des coûts. Démarrez le programme et ouvrez le dossier « fonctions.xls ». Vous vous trouvez devant la feuille « 1^{re} activité ». Observez la surface de travail que vous voyez devant vous.

4° stade

En vous basant sur vos connaissances concernant la rédaction de formules dans le programme Excel, vous devez transformer de façon adéquate les relations ci-dessus sous la forme de formules dans les cellules de votre document dans Excel.

Quelles seront alors les formules que vous inscrirez dans les cellules B9 et E9 ?
Faites les rentrer dans les cellules correspondantes.

5° stade

En répétant le processus décrit ci-dessus (avec un coût de 0,20 € la minute et une redevance de 0 €), calculez la somme totale à payer pour 4, 40, 30, 45 et 50 minutes de communication et complétez le tableau que vous voyez (avec les temps de communication et la somme totale à payer).

Observez que les couples de valeurs que vous complétez correspondent à des points sur le système d'axes orthogonaux que vous avez devant vous. Que pouvez-vous en conclure quant au type de courbe qu'on obtiendra en reliant tous les points ? Si les points dont vous disposez ne sont pas suffisants, complétez les autres lignes du tableau en ajoutant d'autres valeurs. Qu'observez-vous ?

--	--

6° stade

Complétez enfin la colonne jaune du tableau avec le quotient de la « somme totale à payer » par le « nombre minutes de communication » pour les valeurs correspondantes de votre tableau. Qu'observez-vous ?

--	--

Feuille de travail II (Sommes inversement proportionnelles)

Première partie

1° stade

Essayons de réfléchir ...

Si votre ami a payé 25 € pour le mois précédent, déterminez quels autres éléments nous devrions calculer pour trouver combien de minutes il a utilisé ? Donnez un exemple de votre choix avec des valeurs précises.

Solution :

Deuxième partie

2° stade

Sur la base de vos précédentes réflexions, déterminez, parmi les éléments contenus dans le tableau ci-dessous, ceux qui correspondent aux éléments que vous avez utilisés.

Reliez ces éléments à l'aide de flèches.

Justifiez votre choix.

Somme totale à payer	Redevance	Prix à la minute
Prix à payer pour les minutes	temps de communication (nombre de minutes utilisées)	

3° stade

A présent il faut comme précédemment que vous définissiez les relations algébriques qui relient les éléments ci-dessus. Comment arrive-t-on à la formule qui nous donnera le « prix à payer pour les minutes » et « le nombre de minutes de communication » ?

Complétez de façon adéquate les relations ci-dessous :

Somme à payer pour les minutes :

Nombre de minutes de communication :

Troisième partie

4° stade

Vous vous trouvez sur la feuille « 2° activité ». Observez la surface de travail que vous voyez devant vous.

En vous basant sur vos connaissances concernant la rédaction de formules dans le programme *Excel*, vous devez transformer de façon adéquate les relations ci-dessus sous la forme de formules dans les cellules de votre document dans *Excel*.

Quelles seront alors les formules que vous inscrirez dans les cellules B9 et E9 ?

Faites les rentrer dans les cellules correspondantes.

5° stade

En répétant le processus décrit ci-dessus (avec une somme totale à payer de 27 € et une redevance de 0 €), calculez le nombre de minutes utilisées pour 0,40 €, 0,60 €, 0,80 €, 1,00 € et 1,20 € et complétez le tableau que vous voyez (avec le prix à la minute et le nombre de minutes de communication).

Observez que les couples de valeurs que vous complétez correspondent à des points sur le système d'axes orthogonaux que vous avez devant vous. Que pouvez-vous en conclure quant au type de ligne qu'on obtiendra en reliant tous les points ?

--

6° stade

Complétez enfin la colonne jaune du tableau avec le produit du « prix à la minute de communication » par le « nombre de minutes de communication » pour les valeurs correspondantes de votre tableau. Qu'observez-vous ?

Les messages pédagogiques promus par les textes des manuels scolaires de Chimie en Grèce

Pagonitsa Pantiska et Vassilia Hatzinikita

• Unité de Recherche en Education, Université Hellénique Ouverte, Grèce
 pantiska@eap.gr
 hatzinikita@eap.gr

Résumé

Sont présentés ici les résultats d'une analyse des textes d'un manuel scolaire de Chimie destiné aux élèves de 5^e dans les collèges grecs (élèves âgés de 13-14 ans, grade 7). L'analyse s'appuie sur les concepts de la spécialisation scientifique (classification), de la formalité du code linguistique et de la délimitation, qui combinent des approches pédagogiques et sociolinguistiques. Les deux premiers renvoient au fonctionnement des textes en tant qu'agents du savoir scientifique alors que le dernier fait référence aux relations pédagogiques que façonnent ces textes auprès des lecteurs auxquels ils s'adressent. Les résultats révèlent les caractéristiques des textes concernés au niveau des axes de l'analyse ainsi que le rôle qui leur est donné au niveau de la formation de l'image du savoir scientifique auprès des élèves/lecteurs qui utilisent ces textes et à celui du contrôle des relations pédagogiques entre le manuel et l'élève.

Mots clés

Classification – Délimitation – Formalité – Manuels scolaires de Chimie – Messages pédagogiques

Abstract

The present study portrays the results of text analysis of a Chemistry textbook implemented in Greek lower high school (pupils aged 13-14, grade 7). The analysis adopts the notions of scientific specialisation (classification), of formality of the linguistic code and of framing. The first two notions refer to the function of the texts as vehicles of scientific knowledge, while framing refers to the pedagogical relationships formulated by these texts with the target reader. The results of the study highlight the features of the analysed texts with reference to the axes of the analysis and their potential role in formulating the 'image' of scientific knowledge gained by the readers-students who use these texts as well as the control over the emerging pedagogical relationships between the textbook and the reader-student.

Key Words

Chemistry textbooks – Classification – Formality – Framing – Pedagogical messages

Introduction

Les manuels scolaires de Sciences Physiques constituent un champ de recherche sur lequel s'est concentré l'intérêt de nombreux chercheurs en Didactique des Sciences Physiques. Les recherches ayant pour objet l'analyse des manuels scolaires en Sciences Physiques – de 1985 à nos jours – peuvent être organisées en deux groupes.

Celles du premier groupe – le plus nombreux – abordent les manuels comme des contenus de connaissances préconstruites et s'intéressent à leurs caractéristiques extérieures (comme les contenus, la langue, l'illustration, les méthodes d'enseignement). De plus, ces recherches se focalisent sur l'étude des dimensions suivantes :

- (1) contenu et méthodes d'enseignement ;
- (2) langue et lisibilité ;
- (3) évaluation ;
- (4) problèmes sociétaux (stéréotypes concernant les genres, classes sociales) ;

- (5) illustrations ;
- (6) questions d'orientations épistémologiques ;
- (7) approches holistiques ;
- (8) revues de question ;
- (9) divers (Dimopoulos, Koulaïdis & Sklaveniti, 2005).

Les dimensions de recherche les plus fréquentes sur les manuels scolaires des Sciences Physiques sont le contenu (47%) et la langue (13%).

Dans le second groupe, on trouve des recherches de ces dix dernières années, abordant le manuel comme le produit d'une transposition sélective du savoir scientifique appelée « recontextualisation » (Bernstein, 1996). Dans ces travaux, le manuel n'est pas seulement considéré comme un contenu de connaissances préconstruites mais comme un texte pédagogique façonnant aussi bien le message (contenu de connaissances) et les récepteurs (élèves lecteurs) que la relation pédagogique entre les élèves et les enseignants (Dimopoulos *et al.*, 2005 ; Dimopoulos, Koulaïdis & Sklaveniti, 2003 ; Hatzinikita, Koulaïdis, Sklaveniti & Tsatsaroni, 1996 ; Koulaïdis & Dimopoulos, 2003 ; Koulaïdis, Dimopoulos, Sklaveniti & Christidou, 2002 ; Koulaïdis, Hatzinikita & Sklaveniti, 1998 ; Koulaïdis & Tsatsaroni, 1996 ; Sklaveniti, 2003). Ces recherches adoptent l'approche sociolinguistique comme étant la plus pertinente à l'étude des textes des manuels scolaires de Sciences Physiques, dont les caractéristiques lexicales et grammaticales déterminent le fonctionnement des manuels en tant que textes pédagogiques (Koulaïdis, Dimopoulos, Sklaveniti & Christidou, 2002 ; Tsatsaroni & Koulaïdis, 2001), ainsi que l'image de la science qu'ils promeuvent.

La présente étude appartient au dernier de ces deux groupes puisqu'elle a pour but de révéler le message que construisent les manuels scolaires concernant ce qu'est le savoir physico-scientifique, ainsi que la nature des relations pédagogiques qu'ils contribuent à promouvoir entre le texte et l'élève lecteur.

Plus spécialement, l'objectif de cette recherche est :

- (a) de reconnaître les types de messages pédagogiques construits par les sources textuelles utilisées dans les manuels d'enseignement de Chimie du collège en Grèce (grade 7) à partir d'une grille d'analyse déjà élaborée ;
- (b) de comparer les messages pédagogiques promus par les différents types de texte (cours, expérimentations, récits historiques et exercices) que contiennent les différents chapitres du manuel.

L'intérêt de cette étude consiste dans le fait que, parmi les différentes sources textuelles utilisées pour l'enseignement des Sciences Physiques dans le contexte scolaire, celles du manuel scolaire sont d'une importance particulière. En effet, celui-ci détermine pour une grande part la structure, le contenu, l'ordre, la progression et l'évaluation de l'enseignement. Cette importance particulière est encore renforcée par le fait que le manuel scolaire joue un rôle central dans le processus d'enseignement, en particulier dans les pays dont le système éducatif est centralisé. C'est le cas de la Grèce, où les manuels scolaires sont conçus et réalisés par des agents officiels de l'Etat et sont imposés de manière obligatoire, identiques pour tous, enseignants comme élèves, écoles publiques comme écoles privées (Kapsalis & Charalampous, 1995). Enfin, la présente étude se différencie des autres recherches empiriques du deuxième groupe ayant pour objet l'analyse des manuels scolaires de Sciences Physiques dans la mesure où elle se concentre sur la description et la comparaison des messages pédagogiques que promeuvent les différents types de texte (cours, expérimentations, récits historiques et exercices) que contiennent les différents chapitres du manuel.

Cadre théorique : classification, formalité, délimitation (framing)

Pour l'analyse des messages pédagogiques que véhiculent et favorisent les différents types de texte (cours, expérimentations, récits historiques et exercices) des manuels scolaires de Chimie, on adopte ici un cadre théorique basé sur le concept de recontextualisation du savoir scientifique (consistant à le transformer en savoir scolaire) ainsi que sur des principes de la sociolinguistique et de la linguistique socio sémiotique. L'hypothèse retenue est que la structuration des messages pédagogiques émergeant de l'usage de la langue des manuels peut être étudiée par l'articulation de trois concepts de base : la classification, la formalité du code linguistique et la délimitation (Dimopoulos *et al.*, 2005 ; Koulaïdis *et al.*, 2002 ; Koulaïdis & Tsatsaroni, 1996 ; Sklaveniti, 2003).

Le concept de classification renvoie au degré de spécialisation du contenu, tel que les manuels d'enseignement le délimitent et le véhiculent en tant que savoir scientifique, et à sa relation avec le savoir scientifique d'une part et le savoir quotidien d'autre part (Bernstein, 1996). Dans les textes étudiés, la classification peut prendre deux valeurs : elle est dite forte lorsque le savoir scolaire est organisé selon la logique de la science, et faible lorsque le savoir scolaire s'organise à partir du savoir quotidien et vécu de l'élève.

Le concept de la formalité du code linguistique renvoie au degré d'élaboration et d'abstraction des moyens d'énonciation du contenu (Halliday & Martin, 1996 ; Kress & van Leeuwen, 1996). En fonction des moyens d'expression utilisés, la formalité est qualifiée de forte quand le discours est abstrait-élaboré, de faible quand il s'approche de la langue quotidienne.

La combinaison de la classification et de la formalité détermine la scientificité du texte. Cette dernière renvoie à l'image du savoir scientifique promue par le texte (Dimopoulos *et al.*, 2005 ; Koulaïdis & Dimopoulos, 2003). Les champs de pratique pédagogique qui naissent de cette combinaison (Koulaïdis & Tsatsaroni, 1996) sont présentés dans le Tableau 1. La scientificité décroît dans l'ordre suivant : champ ésotérique, métaphorique, public, mythique enfin (Dimopoulos *et al.*, 2005 ; Koulaïdis & Dimopoulos, 2003).

Tableau 1. Scientificité du texte et champ de pratique pédagogique : combinaison des valeurs de la classification et de la formalité

		Classification	
		Forte	Faible
Formalité	Forte	Champ ésotérique	Champ mythique
	Faible	Champ métaphorique	Champ public

A l'instar de tout texte, le manuel scolaire interagit avec l'élève lecteur et contribue à la création des relations de contrôle pédagogique. Le concept de délimitation détermine les relations pédagogiques qui prévalent ainsi entre le texte et le lecteur (Bernstein, 1996). La délimitation est qualifiée de forte quand le contrôle pédagogique appartient au texte et de faible quand il attribue un plus grand degré d'autonomie au lecteur.

Méthode

L'échantillon

Les textes analysés ici sont tirés du manuel de Chimie de 5^o du collège grec (grade 7 ; Georgiadou, Kafetzopoulos, Provis, Spyrellis & Chiniadis, 1997). Dans le système grec, la 5^o est la première année où les élèves (âgés de 13-14 ans) reçoivent un enseignement de Chimie, distinct des Sciences Physiques. Ils sont alors invités à assimiler des concepts de base, requis dans la constitution des savoirs ultérieurs dans ce domaine.

Le texte étudié correspond aux chapitres du livre de Chimie concernant les mélanges, les solutions et les réactions chimiques. Ces chapitres ont été choisis pour l'analyse car ils touchent des concepts et des phénomènes centraux en Chimie, ceux des transformations physiques et chimiques (étude du résultat de l'interaction de deux – ou plus – substances chimiques et description du type de transformations qui peuvent en découler – transformations physiques ou chimiques – et détermination de leurs caractéristiques).

Les unités d'analyse

Pour réaliser l'analyse en fonction des besoins dictés par les objectifs de cette étude, le texte des chapitres a été découpé en unités d'analyse : chacune correspond à un genre de texte, se différenciant des autres par sa structure, en fonction de l'objectif qui lui est assigné (Cope & Kalantzis, 1993 ; Martin, 1997). Ces unités d'analyse sont les suivantes : cours, expérimentations, récits historiques et exercices.

Les cours décrivent la manière dont le monde physique est constitué, introduisent et classent des concepts scientifiques, décrivent des fonctions, des phénomènes, etc.

Les expérimentations sont de simples descriptions d'expériences pour l'information des élèves ou bien donnent des directives pour leur réalisation ou bien encore décrivent l'observation empirique de divers phénomènes représentés par des images du livre.

Les récits historiques relatent un événement historique précis, liés à la Science.

Enfin, les exercices comportent des questions, des activités hormis des problèmes, généralement proposés en fin de chapitre afin d'assurer la révision, l'exercice d'une compétence ou l'évaluation relative à la réussite d'un des objectifs de l'enseignement.

La grille d'analyse

Pour faire apparaître les messages pédagogiques promus par les textes sélectionnés dans les manuels de Chimie, nous avons analysé le corpus selon les axes suivants :

- le degré de spécialisation du contenu des textes par rapport au savoir scientifique (classification) ;

- le degré d'élaboration du code linguistique et d'abstraction du contenu (formalité) ;
- les relations pédagogiques prévalant entre le texte et l'élève lecteur (délimitation).

Ces trois dimensions ont été rendues opérationnelles par le biais de la grille d'analyse mise au point par Dimopoulos *et al.*, (2005), Koulaïdis & Tsatsaroni (1996), Koulaïdis *et al.*, (2002) et Sklaveniti (2003). Articulant des fonctions épistémiques du texte (Kelly & Takao, 2002 ; Keys, 1999 ; Unsworth, 2001 ; Wignell, Martin & Eggins, 1996 ; Dimopoulos *et al.*, 2005) avec des approches sociolinguistiques (Halliday & Martin, 1996), cette grille est présentée plus loin car elle constitue l'outil d'analyse adopté ici, quoique légèrement adaptée aux besoins de l'étude.

La classification

La dimension de la spécialisation scientifique du contenu (classification) est examinée par des indicateurs relatifs à :

- a) la manière dont sont induites les généralisations scientifiques, c'est-à-dire si on constate une documentation et un étayage systématique des conclusions (s'appuyant sur un ensemble d'observations, des généralisations inductives, un raisonnement logique et faisant référence à des savoirs antérieurs dans le même champ scientifique), comme c'est le cas du savoir scientifique ;
- b) la manière dont des concepts scientifiques sont catégorisés, c'est-à-dire si les critères de classement des concepts proposés sont explicitement formulés, sont appliqués à un ensemble de situations diverses et ce de manière systématique et générale à tous les concepts catégorisés, comme cela est aussi le cas dans les textes scientifiques.

En fonction des réponses apportées à ces critères, la classification est soit forte (le savoir scolaire est organisé sur la base de la logique scientifique), soit faible (le savoir scolaire est organisé sur la base du savoir quotidien-vécu des élèves).

Dans la mesure où, d'ordinaire, les exercices ne comportent pas d'inférences, de généralisations ni de catégorisations de concepts scientifiques, les critères cités plus hauts ne s'appliquent pas au texte des exercices mais au processus exigé et mis en œuvre par la lecture du texte, de façon à répondre aux questions, réaliser les activités et résoudre les problèmes (par exemple s'il est demandé de classer des concepts dans des catégories en fonction d'une application explicite de critères ou si sont utilisés des savoirs antérieurs et des raisonnements logiques). On évalue de cette façon si la réalisation des exercices met en jeu des processus relevant du domaine scientifique ou plutôt d'un savoir pratique issu du vécu et du quotidien.

Exemple 1

*Les deux mélanges que nous avons examinés plus haut, celui du fer et du soufre, celui de l'eau et du chlorure de sodium, présentent une différence importante. Dans le premier, les composants se distinguent aisément, même à l'œil nu. Il existe des zones de fer et des zones de soufre. Les mélanges de cette sorte, d'une constitution non homogène, dans lesquels les composants peuvent se distinguer à l'œil nu ou au microscope, sont appelés mélanges hétérogènes. (Georgiadou *et al.*, 1997, p. 61).*

L'exemple 1 présente un cours caractérisé par une spécialisation scientifique (classification forte) puisqu'il s'appuie sur des observations et des connaissances préalables (il renvoie à l'examen préalable des mélanges) et définit avec des critères précis les mélanges hétérogènes. Au contraire, l'exemple 2 présente une expérimentation qui n'est pas caractéristique de la spécialisation scientifique (il présente une classification faible) il aboutit à une conclusion générale, comme la conservation des propriétés des composants après le mélange, qui intervient à la suite d'une seule observation.

Exemple 2

*Le fer a une couleur grise et une brillance métallique et est attiré par l'aimant. Le soufre est de couleur jaune et n'est pas attiré par l'aimant. Mélangeons bien la poudre de fer avec la poudre de soufre. Il en ressort un matériau dans lequel le fer et le soufre coexistent sans réagir chimiquement entre eux. Si nous le voulons, nous pouvons à nouveau séparer le fer du soufre avec un aimant. Nous constatons donc que le fer et le soufre conservent leurs propriétés de départ (Georgiadou *et al.*, 1997, p. 61).*

La formalité

La dimension de la spécialisation et de l'abstraction du code linguistique est examinée avec pour indicateurs des critères lexicaux et grammaticaux précis :

- l'utilisation d'une terminologie spécialisée, d'équations et de symbolisme ;
- la nominalisation (remplacement des verbes par des groupes nominaux) ;
- la complexité syntaxique ;
- l'utilisation de la voix passive.

Les valeurs de la formalité sont au nombre de deux : forte (discours abstrait-élaboré) et faible (la langue du texte est proche de la langue quotidienne). Elles résultent des valeurs partielles données en fonction de la présence ou non des indicateurs/caractéristiques évoqués plus haut (voir Tableau 2).

Tableau 2. Indicateurs de formalité du code linguistique

Indicateur de formalité	Formalité forte	Formalité faible
Terminologie scientifique (termes, symboles, équations chimiques)	Présence de deux ou trois éléments	Présence d'un seul des trois éléments
Nominalisations	Présence de groupes nominaux constitués de deux substantifs ou plus	Absence de groupes nominaux
Complexité syntaxique	Combinaisons de subordonnées dans les phrases avec prédominance de conjonctions de subordination ou égalité d'usage de conjonctions de subordination/coordination	Prédominance de conjonctions de coordination
Voix verbales	Prédominance de verbes à la voix passive ou égalité d'usage des voix active/passive	Prédominance de verbes à la voix active

Un second examen de l'exemple 1 révèle son haut degré de formalité puisqu'il comporte des termes spécialisés (les noms des substances), des nominalisations (par exemple l'expression « mélange de fer ... » au lieu de « si nous mélangeons le fer avec ... »), un nombre égal de verbes à la voix passive et à la voix active ainsi que de conjonctions de coordination et de subordination.

La scientificité (champs de la pratique pédagogique)

La scientificité du texte provient, comme nous l'avons dit et présenté dans le Tableau 1, de la combinaison des valeurs de la formalité et de la classification.

Par exemple, le texte de l'exemple 1, caractérisé par une classification et une formalité fortes, oriente l'élève lecteur vers le champ ésotérique du savoir scientifique, alors que l'exemple 2, caractérisé par une formalité et une classification faibles, renvoie par conséquent au champ public.

La délimitation

La dimension des relations pédagogiques est examinée sous l'angle des rapports de pouvoir (gradation de la hiérarchie texte-lecteur) et celui des relations d'implication-participation (capacité de négociation de l'élève quant à sa participation au processus éducatif), à nouveau selon des critères lexicaux et grammaticaux. Pour les rapports de pouvoir l'indicateur retenu est celui des types de propositions utilisées (impératives, interrogatives ou déclaratives) pour celles dont les verbes ont une personne pour sujet, et pour la relation d'implication-participation on examine la personne du sujet des verbes. La délimitation totale est calculée sur la base de la délimitation concernant les rapports de pouvoir d'une part et la relation d'implication-participation d'autre part. Les valeurs en sont au nombre de deux : forte (le contrôle revient au texte) et faible (le contrôle revient au lecteur).

Les valeurs que prennent les indicateurs partiels sont présentées de façon analytique dans le Tableau 3.

Tableau 3. Indicateurs de délimitation

	Délimitation forte	Délimitation moyenne	Délimitation faible	
Indicateur de délimitation	Pour les rapports de pouvoir: type de proposition	impérative	interrogative	déclarative
	Pour les relations d'implication-participation : personne des verbes	2° personne du singulier	1 ^{re} ou 2° personne du pluriel	3° personne du singulier ou du pluriel
	Délimitation totale	Les deux indicateurs ont une valeur forte ou l'un a une valeur forte et l'autre une valeur moyenne		Toute autre combinaison de valeur des indices

L'examen du texte de l'exemple 1 montre que le texte se caractérise dans son ensemble par une faible délimitation puisqu'il présente une faible délimitation concernant les rapports de pouvoir (il contient uniquement des propositions déclaratives) et une délimitation moyenne quant aux relations d'implication-participation (les verbes renvoyant à une personne sont à la première personne du pluriel).

Résultats

Sont présentés ici les résultats de l'analyse concernant :

- (a) le genre de texte ;
- (b) la spécialisation du contenu (classification) ;
- (c) le degré d'élaboration du code linguistique utilisé (formalité) ;
- (d) l'agent du contrôle pédagogique (délimitation) dans les textes des chapitres choisis dans le manuel de Chimie (voir Tableaux 4 et 5).

Les résultats sont présentés en fréquences absolues et en pourcentages. Sont aussi données les corrélations statistiquement significatives telles que les révèle un calcul de __ ainsi que leur interprétation sur la base de la valeur des résidus standardisés (Blalock, 1987 ; Erickson & Nosanchuk, 1985 ; Hatzinikita, Koulaïdis & Hatzinikitas, 2005).

Les genres de texte

Sur la base des données résultant de l'analyse de 62 unités, on constate que le manuel présente le contenu des chapitres Mélanges, Solutions et Réactions Chimiques principalement sous la forme de cours qui introduisent, définissent et expliquent les concepts et entités (50%) plutôt que sous la forme de processus expérimentaux (11,3%) ou de récits historiques (3,2%). De plus, un autre type de texte important est constitué par les exercices (35,5%), utilisés pour évaluer le degré de compréhension du contenu de la leçon par les élèves.

Spécialisation du contenu (classification)

Les résultats de l'analyse des chapitres choisis montrent que le contenu du manuel présente une spécialisation scientifique. Et cela dans tous les types de texte, même si bien sûr cela est encore plus vrai pour le contenu des exercices et des cours qui ont une forte spécialisation scientifique (respectivement 95,5% et 87,1%, voir Tableau 4). Le manuel intègre donc la logique scientifique (comme la preuve des généralisations par le biais d'un grand nombre d'observations, des raisonnements logiques et des connaissances antérieures) dans la présentation du contenu de ces chapitres.

Tableau 4. Classification, formalité, délimitation et genres de texte

	Classification				Formalité				Délimitation				
	Forte		Faible		Forte		Faible		Forte		Faible		
	–	%	–	%	–	%	–	%	–	%	–	%	
Genres de texte	Cours	27	87,1	4	12,9	19	61,3	12	38,7	0	0	31	100
	Expérimentations	5	71,4	2	28,6	4	57,1	3	42,9	1	14,3	6	85,7
	Récits historiques	1	50	1	50	2	100	0	0	0	0	2	100
	Sous total	33	82,5	7	17,5	25	62,5	15	37,5	1	2,5	39	97,5
	Exercices	21	95,5	1	4,5	6	27,3	16	72,7	12	54,5	10	45,5
Total	54	87,1	8	12,9	31	50	31	50	13	21,0	49	79	

Degré d'élaboration du code linguistique (formalité)

Dans le texte des chapitres examinés, les unités d'analyse présentant un degré élevé d'élaboration du code linguistique utilisé sont aussi nombreuses que celles qui se caractérisent par un faible degré d'élaboration (50% de formalité forte et 50% de formalité faible, voir Tableau 4). Le texte du manuel intègre donc à un degré assez important les règles et les conventions du langage scientifique (usage de terminologie, de formules chimiques, de symboles d'unités de mesure et formules de réactions chimiques).

Cependant, une comparaison du degré de spécialisation du code linguistique des différents genres de texte met en valeur une différenciation entre eux. On constate en effet que la plus grande partie des cours (61,3%) présentent une formalité forte, contrairement aux exercices dont la majorité (72,7%) revêtent une formalité faible. Cette différenciation semble être également confirmée par une corrélation faiblement significative entre le degré d'élaboration du code linguistique et le genre de texte ($\chi^2 = 8.27$, $df = 3$, $p < .05$) qui est due à la tendance des exercices à présenter une formalité faible et non forte.

Contrôle pédagogique (délimitation)

Les résultats du Tableau 4 révèlent que le texte tend à proposer à l'élève un éventail important de possibilités alternatives concernant l'exercice du contrôle du processus pédagogique (délimitation faible dans 79% des unités d'analyse).

Cependant, quant à l'approche des thèmes scientifiques, l'élève semble jouir d'un degré d'autonomie variable selon le genre de texte. En effet, dans le cas des exercices ayant un caractère de guide (55,5% de forte délimitation), l'élève lecteur se trouve dans une position affaiblie quant à ses possibilités de négociation des conditions de sa participation au processus d'apprentissage puisqu'il est invité à exécuter une tâche clairement déterminée. En revanche, l'ensemble des cours, du fait qu'ils traitent le contenu de manière différente, tend à offrir un degré d'autonomie plus important à l'élève. Ces différenciations dans les valeurs de la délimitation des divers types de texte sont confirmées par la corrélation statistiquement significative qu'on observe entre eux ($\chi^2 = 8.27$, $df = 3$, $p < .05$) et qui peut être attribuée à la tendance des exercices à présenter, contrairement aux cours, une délimitation forte.

Les champs de pratique pédagogique

A partir de l'analyse des résultats provenant de la combinaison des deux valeurs de la classification et de celles de la formalité (voir le Tableau 5), on constate que le texte des chapitres analysés tend à introduire l'élève lecteur dans le contenu spécialisé des Mélanges, Solutions et Réactions Chimiques en utilisant soit des codes linguistiques scientifiques (46,7% dans le champ ésotérique), soit la langue de la vie quotidienne (43,6% dans le champ métaphorique). En ce qui concerne les différenciations de la « scientificité » en fonction du genre de texte, on constate que les cours tendent à conduire l'élève vers le champ ésotérique du savoir scientifique (58%), alors que les exercices l'orientent vers le champ métaphorique (72,7%). Ce sont précisément ces mêmes tendances que confirme la corrélation faiblement significative entre les types de champs et les types de texte ($\chi^2 = 14.90$, $df = 9$, $p < .05$).

Tableau 5. *Scientificité (champs de pratique pédagogique) et types de texte*

	Champ ésotérique		Champ métaphorique		Champ public		Champ mythique		Total	
	–	%	–	%	–	%	–	%		
Cours	18	58	10	32,3	2	6,5	1	3,2	31	
Expérimentations	4	57,1	1	14,3	2	28,6	0	0	7	
Genres de texte	Récits historiques	1	50	0	0	0	0	1	50	2
	Sous total	23	57,5	11	27,5	4	10	2	5	40
	Exercices	6	27,3	16	72,7	0	0	0	0	22
	Total	29	46,7	27	43,6	4	6,5	2	3,2	62

Discussion

La présente étude relève de la catégorie des recherches qui examinent les messages pédagogiques promus par les textes des manuels scolaires par le biais de la combinaison des concepts de classification, de formalité du code linguistique et de la délimitation.

L'analyse des chapitres Mélanges, Solutions et Réactions Chimiques du manuel scolaire de Chimie pour les élèves de 5^e a permis de repérer certaines tendances relatives aux messages pédagogiques dont ces chapitres font la promotion. En effet, le texte tend à placer l'élève lecteur en relation avec le savoir scientifique correspondant aux Mélanges, Solutions et Réactions Chimiques, tantôt dans le champ ésotérique de ce savoir (contenu spécialisé et codes linguistiques élaborés), tantôt dans le champ métaphorique (contenu spécialisé et langue quotidienne). De même, concernant la position de l'élève comme sujet social participant au processus pédagogique, il apparaît que les choix linguistiques utilisés ont tendance à lui accorder un degré relativement élevé de liberté et d'autonomie dans son apprentissage.

Un autre résultat intéressant de cette étude réside dans le fait que les différents types de texte semblent promouvoir différents types de message tant par rapport au savoir des chapitres étudiés que celui du contrôle pédagogique que l'élève lui-même peut exercer sur son apprentissage. Des différences importantes sont en effet apparues entre les cours et les exercices. Plus précisément si les cours ont tendance à lui assurer l'accès au champ ésotérique du savoir scientifique, les exercices combinent des moyens d'expression de faible élaboration (formalité faible) avec des contenus spécialisés (classification forte). Cette différence concerne les exercices par rapport aux autres types de texte des chapitres étudiés ici à propos du degré d'élaboration des moyens d'expression utilisés et par conséquent, leur intégration dans le champ métaphorique de la pratique pédagogique. Ce résultat démontre la nécessité de plus amples recherches, embrassant la totalité des chapitres du manuel, puisque ce dernier véhicule des messages discordants. En effet, d'un côté (en particulier par le biais des cours et des expérimentations) il facilite l'entrée de l'élève dans le champ ésotérique du savoir des Sciences Physiques (contenu spécialisé et codes linguistiques élaborés), mais de l'autre (par le biais des exercices) il semble avoir pour objectif de familiariser l'élève avec le contenu spécialisé du savoir scientifique, mais avec des codes de la langue quotidienne (champ métaphorique). Ce défaut de cohérence dans les choix linguistiques d'un genre de texte à l'autre pour présenter la science dans les chapitres des manuels analysés, peut éventuellement générer une confusion chez les élèves dans la mesure où les chapitres semblent promouvoir différentes images de la science et non pas une seule et même image.

De plus, l'analyse des résultats a montré que, au contraire des exercices, les cours délivrent le message d'une plus grande autonomie pour l'élève lecteur dans la compréhension du savoir scientifique.

Les cours, qui constituent la plus grande partie des textes des manuels scolaires, font donc la promotion d'un modèle pédagogique selon lequel les formes spécialisées du savoir scientifique sont associées à une plus grande autonomie de l'élève lecteur dans la détermination de son accès au matériel didactique. Cependant, la détermination réduite dans l'étude des textes de haute spécialisation et de haute formalité peut éventuellement créer des problèmes dans la création de sens à partir du texte ou même désorienter les élèves. Cela est d'autant plus vrai pour les élèves issus des couches non favorisées socialement ou de langue étrangère dans la mesure où ce sont précisément eux qui ont besoin d'être davantage orientés dans leur acquisition du savoir scientifique académique (Dimopoulos, Koulaïdis & Sklavéniti, 2005 ; Morais, 2002 ; Morais & Miranda, 1996). Au contraire, les exercices des chapitres analysés semblent plus appropriés à ces groupes particuliers de la population scolaire. En effet, les choix linguistiques y sont tels que d'une part le contenu spécialisé du savoir

scientifique y est présenté avec les codes de la langue quotidienne et que d'autre part l'autonomie de l'élève dans la compréhension du savoir scientifique est faible. Il importe de noter bien sûr que dans la mesure où les exercices sont reliés à l'évaluation de ce qu'il est nécessaire d'acquérir, le message implicite promu est que l'objectif de l'enseignement des chapitres est l'acquisition du champ métaphorique et non du champ ésotérique, propre au savoir scientifique concernant les chapitres analysés.

Enfin, est démontrée ici la nécessité d'une recherche ultérieure qui explorerait les messages évoqués plus haut dont les textes des manuels scolaires font par eux-mêmes la promotion aussi bien auprès des élèves que des enseignants qui les utilisent.

Références bibliographiques

- Bernstein, B. (1996). *Pedagogy, Symbolic Control and Identity : Theory, Research, Critique*. London : Taylor and Francis.
- Blalock, H.M. (1987). *Social statistics*. Singapore : McGraw-Hill.
- Cope, B. & Kalantzis, M. (1993). *The Powers of Literacy : A Genre Approach to Teaching Writing*. London : The Falmer Press.
- Dimopoulos, K., Koulaïdis, V. & Sklaveniti, S. (2003). Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology. *Research in Science Education*, 33(2), 189-216.
- Dimopoulos, K., Koulaïdis, V. & Sklaveniti, S. (2005). Towards a Framework of Socio-Linguistic Analysis of Science Textbooks : The Greek Case. *Research in Science Education*, 35, 173-195.
- Erickson, B. & Nosanchuk, T. (1985). *Understanding data*. Milton Keynes : Open University Press.
- Halliday, M.A.K. & Martin, J.R. (1996). *Writing science : Literacy and Discursive Power*. London : The Falmer Press.
- Hatzinikita, V., Koulaïdis, V. & Hatzinikitas, A. (2005). Modeling children's understanding and explanations concerning changes in matter. *Research in Science Education*, 35, 471-495.
- Hatzinikita, V., Koulaïdis, V., Sklaveniti, S. & Tsatsaroni, A. (1996). Approfondir la science et "lire" les manuels scolaires scientifiques. In A. Giordan, J.L. Martinand, D. Raichvarg (Eds.), *XVIII^o Journées Internationales sur la Communication, l'Education et la Culture Scientifiques, Techniques et Industrielles : Les Sciences, les Techniques et leurs publics* (pp. 429-434). Paris : Université Paris VII.
- Kapsalis, A. & Charalampous, D. (1995). *Manuels scolaires : Evolution institutionnelle et problématique contemporaine*. Athènes : Metaihmio.
- Kelly, J.G., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument : An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86, 314-342.
- Keys, C.W. (1999). Language as an indicator of meaning generation: An analysis of middle school students written discourse about scientific investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1044-1061.
- Koulaïdis, V. & Dimopoulos, K. (2003). Science Education in Primary and Secondary Level : An analysis of the discursive transitions across different modalities of the pedagogic discourse. *International Journal of Learning*, 10, 3263-3274.
- Koulaïdis, V., Dimopoulos, K., Sklaveniti, S. & Christidou, V. (2002). *Les textes techno-scientifiques dans le domaine public*. Athènes : Metaihmio.
- Koulaïdis, V., Hatzinikita, V. & Sklaveniti, S. (1998). Matériel pictural des manuels scolaires et construction de la subjectivité : Un cadre d'analyse. In A. Giordan, J.L. Martinand, D. Raichvarg (Eds.), *XX^o Journées Internationales sur la Communication, l'Education et la Culture Scientifiques, Techniques et Industrielles. Formation à la médiation et à l'enseignement : enjeu, pratiques, acteurs* (pp. 465-470). Paris : Université Paris VII.
- Koulaïdis, V. & Tsatsaroni, A. (1996). A Pedagogical Analysis of Science Textbooks : How can we proceed ? *Research in Science Education*, 26, 55-71.
- Kress, G. & van Leeuwen, T. (1996). *Reading images : The Grammar of the Visual Design*. London : Routledge.
- Martin, J.R. (1997). Analysing genre : functional parameters. In F. Christie & J.R. Martin (Eds.), *Genre and Institutions : Social Processes in the Workplace and School* (pp. 325-332). London : Cassell.
- Morais, A. (2002). Basil Bernstein at the micro level of the classroom. *British Journal of Sociology of Education*, 23, 559-569.
- Morais, A. & Miranda, C. (1996). Understanding teachers' evaluation criteria : A condition for the success in science classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 601-624.
- Sklaveniti, S. (2003). *Un cadre pour l'analyse des manuels scolaires en Sciences Physiques*. Thèse de doctorat. Université de Patras, Patras.

- Tsatsaroni, A. & Koulaïdis, V. (2001). Les caractéristiques des manuels scolaires et du texte pédagogique. In K. Dimopoulos & V. Hatzinikita (Eds.), *Didactique des Sciences Physiques, Volume _* (pp. 267-291). Patras : Université Hellénique Ouverte.
- Unsworth, L. (2001). Evaluating the language of different types of explanations in junior high school science texts. *International Journal of Science Education*, 23, 585-609.
- Wignell, P., Martin, J.R. & Eggins, S. (1996). The discourse of geography: Ordering and explaining the experiential world. In M.A.K. Halliday & J.R. Martin (Eds.), *Writing science : Literacy and discursive power* (pp. 136-165). London : The Falmer Press.

Manuel cité

- Georgiadou, T., Kafetzopoulos, K., Provis, N., Spyrellis, N. & Chiniadis, D. (1997). Chimie (grade 7). Athènes : Publications Nationales de Manuels Scolaires.

L'ordinateur portable comme instrument dans la situation d'enseignement apprentissage en physique et en technologie

Pascale Brandt-Pomares et Jean-Marie Boilevin

• Equipe Gestepro, U.M.R. A.D.E.F., Université de Provence
p.brandt@aix-mrs.iufm.fr
jm.boilevin@aix-mrs.iufm.fr

Résumé

La recherche présentée ici se propose d'étudier la question de l'enseignement d'un savoir disciplinaire dans une situation mettant en œuvre des ordinateurs portables. Il s'agit d'expérimenter des dispositifs d'enseignement en sciences physiques et en technologie dans lesquels l'ordinateur est présent dès la conception de la situation et ainsi de tenir compte du fait que le mode de transmission appropriation changeant les apprentissages et l'activité enseignante peuvent être modifiés. Les résultats reposent sur l'analyse des interactions dans la situation d'enseignement observée dans chaque discipline.

Mots clés

Activité enseignante – Interactions didactiques – Ordinateur portable – Savoir disciplinaire

Abstract

The purpose of the hereby presented research is to study the question of teaching a disciplinary knowledge in a situation where laptop computers are used. The aim is to experiment teaching systems in physics and technology where the computer is used from the conception of the situation and thus to take into account the fact that the method of transmission appropriation changes the learning processes and that the teaching activity can be therefore modified. The results are based on the analysis of interactions in the teaching situation observed in every taught subject.

Key Words

Didactical interactions – Disciplinary knowledge – Laptop computer – Teaching activity

Introduction

Le contexte de l'étude repose sur des mesures prises par le Conseil Général¹ des Bouches-du-Rhône à la rentrée scolaire 2003. Ces mesures comportent plusieurs volets visant toutes une informatisation croissante dont l'équipement en ordinateurs portables des élèves des classes de 4^o et de 3^o (13 à 15 ans) et de leurs enseignants de la grande majorité des collèges du département.

Après les deux premières années, l'observation de situations émergentes n'ayant pu se réaliser, le parti pris de provoquer des observations de situations d'enseignement faisant intervenir les ordinateurs portables a été retenu. S'appuyant sur un repérage préalable des changements de pratiques enseignantes (Boilevin, Brandt-Pomares & Ranucci, 2005), cette recherche se propose d'étudier la question de l'enseignement d'un savoir disciplinaire dans une situation mettant en œuvre des ordinateurs portables. Il s'agit alors d'expérimenter des dispositifs d'enseignement en sciences physiques et en technologie dans lesquels l'ordinateur est présent dès la conception

¹ Assemblée délibérante, constituée de membres élus, au niveau d'un département et responsable notamment de la gestion financière des collèges.

de la situation et ainsi de tenir compte du fait que le mode de transmission-appropriation changeant les apprentissages des élèves et l'activité enseignante peuvent être modifiés. L'analyse repose sur une méthodologie de recherche commune reposant sur des observations provoquées dans les deux disciplines. L'étude présentée ici est centrée sur le repérage des conditions d'étude du savoir et plus particulièrement des situations d'enseignement quand celles-ci intègrent les ordinateurs portables. L'analyse des interactions vient éclairer le déroulement de l'activité enseignante.

Problématique

Cette recherche s'inscrit ainsi dans une perspective dynamique pour saisir les modifications simultanées de l'environnement et des pratiques instrumentées dans les situations d'enseignement-apprentissage où la logique de la discipline, celle de l'enseignant et celle de l'élève doivent être analysées (Amigues & Ginestié, 1991 ; Ginestié & Andréucci, 1997). La situation d'enseignement est considérée dans ce cadre comme une situation d'activité instrumentée dans laquelle le recours aux ordinateurs portables constitue une technologie pour l'enseignement qui interfère sur les relations et interactions didactiques.

Technologie pour l'enseignement

Le Ministère de l'éducation nationale déploie des plans d'équipement informatique décidés de façon centralisée. Ces équipements massifs questionnent fortement l'acte d'enseigner. Mais, au-delà de l'injonction d'utiliser ces équipements, les prescriptions données pour leur mise en œuvre sont insuffisantes. Aussi, les professionnels de l'enseignement (enseignants, chefs d'établissement, documentalistes, experts techniques et pédagogiques, gestionnaires) sont dans l'obligation de faire preuve d'invention en termes d'applications pédagogiques de ces dispositifs techniques.

Les publications ne manquent pas qui promettent l'avènement d'une nouvelle ère caractérisée par un accès universel aux connaissances et la multiplication d'entreprises apprenantes². Toutefois, les résultats ne sont pas encore au rendez-vous et l'on en vient progressivement à admettre que l'on manque de compréhension sur la réalité de cette pratique, tant du point de vue des enseignants que des étudiants (Lagrange & Grugeon, 2003). D'autres auteurs (par exemple Chaptal, 2005) évoquent les effets de mode dans les technologies éducatives, chaque nouvelle technologie chassant dans les discours officiels ses devancières ... Après une première phase enthousiaste d'expériences de pionniers, les usages s'avèrent décevants dès lors que l'on tente de généraliser le dispositif.

Les études d'usages des technologies de l'information et de la communication dans l'éducation (T.I.C.E.) se sont multipliées ces dernières années (Larose, Grenon, & Palm, 2004 ; M.E.N.R.T., 2004 ; P.N.E.R., 2002). Face à la volonté de l'Institution d'intégrer les T.I.C. dans le monde de l'éducation, et celle des décideurs politiques d'investir dans ces technologies, elles montrent que les usages pédagogiques et didactiques se développent lentement dans les pratiques enseignantes mais que ce développement est encore mal connu. Ainsi le rapport P.N.E.R. (2002, p. 17) met en particulier l'accent sur l'incertitude qui demeure sur le bien-fondé de l'introduction des usages des technologies de l'information et de la communication (T.I.C.) dans l'éducation et la formation : « C'est un fait qu'il n'existe pas de preuve « scientifique » de l'efficacité supérieure de l'enseignement avec des technologies éducatives par rapport à un enseignement qui n'intègre pas ce type de support ».

Il semble donc urgent de dépasser une vision centrée sur les aspects techniques pour envisager ses répercussions réelles sur les actes d'enseignement et, à terme, sur la formation des enseignants.

A l'instar de Baron et Bruillard (2001) nous pensons qu'une approche centrée sur un champ théorique unique ne suffit pas à expliquer la diversité des phénomènes à prendre en compte. Pour identifier et caractériser les changements de pratiques enseignantes, nous considérons le travail de l'enseignant comme une activité au sens initialement développé par différents auteurs de la psychologie soviétique (Leontiev, 1974, 1975 ; Luria, 1979 ; Vernant, 1997 ; Vygotski, 1985). Ainsi l'introduction des ordinateurs portables permet de penser l'enseignement comme une situation d'activité instrumentée dans laquelle l'usage de l'ordinateur constitue un des moyens d'action de l'enseignant dans son travail. Les processus de transmission-appropriation étant considérés comme centraux dans l'activité enseignante, nous nous attacherons à étudier l'influence de l'usage des ordinateurs portables sur ces derniers.

² Parmi une abondante littérature, on pourra se référer à Mingasson (2002). Pour une discussion critique, voir par exemple Metzger (2002).

Situation d'activité instrumentée

Ce que Rabardel (1995) définit très précisément comme instrument n'existe pas par nature. L'artefact – outil, instrument³, objet technique, « Objet Matériel Fabriqué (Rabardel & Vérillon, 1985) – ne devient réellement instrument qu'en situation, inscrit dans un usage, dans un rapport instrumental à l'action du sujet, en tant que moyen de celle-ci » (Rabardel, 1995, p. 60). Pour cet auteur, l'artefact est susceptible de devenir un instrument dans l'usage qui en est fait. En lui même, l'artefact ne constitue qu'une composante partielle de l'activité instrumentée, l'autre composante relevant de l'utilisateur. L'appropriation est le processus par lequel le sujet reconstruit pour lui-même des schèmes d'utilisation d'un artefact au cours d'une activité significative pour lui. Un artefact devient instrument lorsqu'il devient médiateur de l'action pour le sujet. Rabardel (1995) parle alors de genèse instrumentale. L'artefact n'est pas en soi instrument ou composante d'un instrument (même lorsqu'il a été initialement conçu pour cela) ; il est institué comme instrument par le sujet qui lui donne le statut de moyen pour atteindre les buts de son action. L'instrument est une entité mixte composée de l'artefact et des schèmes que le sujet lui associe.

Rabardel (1995) distingue dans la genèse instrumentale le processus d'instrumentalisation (lié aux artefacts) de celui d'instrumentation (lié aux schèmes). Le processus d'instrumentalisation intéresse la composante artefactuelle de l'instrument par attribution de fonction(s) alors que l'instrumentation tournée vers le sujet est constitutive de la capacité du sujet à s'adapter à de nouvelles contraintes, de nouveaux objets, à la genèse des schèmes.

Ce cadre constitue une des bases à partir desquelles l'analyse des situations d'enseignement-apprentissage qui recourent aux ordinateurs portables est faite en éclairant le rôle de médiation que les ordinateurs portables jouent dans l'activité enseignante.

Enseignement-apprentissage

Le contenu des tâches proposées aux élèves et les modes de questionnement adoptés peuvent solliciter différemment le recours à un même outil et ainsi faire varier les conditions instrumentales.

Si on s'appuie sur l'idée que l'apprentissage est lié à la nature du savoir mis en jeu, un point de vue didactique s'impose puisque l'enjeu des échanges en classe (entre professeur et élève (s) ou entre élèves) est la construction de connaissances particulières. « L'élève et le professeur n'occupent pas des positions symétriques dans le rapport au savoir. Le second non seulement en « sait » plus que le premier, mais a la responsabilité d'organiser des situations d'enseignement réputées favorables aux apprentissages du premier » (Johsua & Dupin, 1993, p. 249). Ce qui nous intéresse plus particulièrement est justement de savoir comment les professeurs utilisent cet outil pour enseigner et organiser les conditions d'apprentissage des élèves. Comment s'articulent l'enseignement-apprentissage instrumenté et sa mise en œuvre avec l'introduction des ordinateurs portables au collège ? Quelles sont les logiques didactiques relatives aux situations d'enseignement-apprentissage ? Comment les objets de savoir sont-ils présentés aux élèves lorsque les ordinateurs portables sont utilisés ? Quelles sont les difficultés auxquelles les acteurs doivent faire face avec l'introduction des ordinateurs portables et quels sont les problèmes que cette introduction permet de résoudre ?

Relation didactique et contrat didactique

Localisé au sein de la relation didactique, le contrat didactique (Brousseau, 1998) gère les interactions complexes entre élèves, savoirs et enseignant. Tout se joue, dans la situation scolaire, comme si les partenaires avaient à respecter des clauses qui n'ont jamais été discutées, clauses qui au fond ne sont jamais entièrement respectées, et dont les ruptures peuvent correspondre à des avancées de la connaissance partagée.

Il s'agit en fait d'un système de règles (implicites et/ou explicites) et de décisions (négociées ou non ; spontanées ou non) qui détermine ce que chaque partenaire didactique (enseignant, élève) a la responsabilité de gérer, et dont il sera d'une manière ou d'une autre, responsable devant l'autre. Il préexiste à la situation didactique. L'enseignant et l'élève y sont contraints. Il définit en quelque sorte le métier de l'élève et celui du professeur.

Pour Jonnaert et Van der Borcht (1999), le contrat didactique, inscrit dans le temps, est le véritable moteur de la relation didactique. Il agit sur des changements de rapport au savoir à travers l'espace de dialogue créé. Il est alimenté par des ruptures de contrat et il s'appuie sur des processus de dévolution didactique et de contre dévolution didactique. Les ruptures didactiques de contrat surgissent lorsque l'élève est confronté à une situation paradoxale (par rapport à son propre savoir) ou lorsque l'attitude de l'enseignant apparaît inattendue, qu'il ne se présente plus comme le garant de la bonne marche des apprentissages scolaires. Les processus de dévolution didactique et de contre dévolution didactique permettent de faire évoluer les rapports au savoir des élèves.

³ Notons que, dans le langage courant, l'outil semble plus déterminé par l'opération dans laquelle il intervient, alors que l'instrument demanderait plus d'engagement du sujet dans l'activité.

Interactions didactiques

De nombreuses recherches centrées sur l'étude des interactions éducatives adoptent un point de vue selon lequel les interactions interindividuelles prennent une place centrale dans les processus d'acquisition de connaissances (Amigues, 1994 ; Aumont & Mesnier, 1992 ; François, 1990 ; Perret-Clermont, Schubauer-Leoni, & Trognon, 1992 ; Weil-Barais & Dumas-Carré, 1998) : l'individu se construit dans l'interaction avec les autres, comme considéré dans la continuité des courants théoriques constructivistes et socio constructivistes (Boilevin, 2000).

En classe, les interactions didactiques ont lieu à propos de savoirs entre le professeur et des élèves ou entre élèves. L'interactivité qui vise l'apprentissage de savoirs par les élèves se traduit par des échanges verbaux qui peuvent être de natures différentes mais complémentaires. Selon les auteurs, les interactions peuvent être qualifiées d'interactions de tutelle ou d'interactions de médiation : l'appropriation des connaissances par les élèves nécessite en effet ces deux modes d'interactivité et il semble utile que les professeurs parviennent à les maîtriser et à les instaurer, selon les intentions didactiques et les besoins des élèves (Weil-Barais, 1998).

La tutelle

La tutelle est un guidage vers une connaissance nouvelle. Pour Bruner (1983) l'interaction de tutelle ou guidage, est une entreprise de collaboration à travers laquelle on aide l'enfant à se développer. Elle correspond à un processus d'étaillage qui rend l'enfant ou le novice capable de résoudre un problème, de mener à bien une tâche ou d'atteindre un but qui auraient été, sans cette assistance, au-delà de ses possibilités⁴. L'étaillage est défini autour des points suivants : l'enrôlement de l'élève, la réduction des degrés de liberté dans la réalisation de la tâche, le maintien de l'orientation définie, la signalisation des caractéristiques déterminantes pour l'exécution de la tâche, le contrôle de la frustration de l'enfant et la démonstration. Dans les situations d'interaction en classe, c'est l'exécution des tâches qui détermine les interventions du professeur. Le guidage est centré sur l'aide à la production de réponses ou sur l'aide à l'appropriation de procédés de traitement ou de contrôle de l'activité cognitive (Weil-Barais, 1998). L'action de tutelle est efficace s'il y a adéquation entre les conduites des élèves et les intentions de l'action du tuteur.

Le concept de médiation recouvre des sens très différents suivant le champ d'utilisation. Dans la théorie vygotkienne, les activités humaines sont ainsi considérées comme socialement médiatisées. Pour Gilly (1995), le rôle de la médiation sociale est essentiel dans les rapports entre l'individu et son environnement (médiation par les outils) et dans l'activité psychique intra-individuelle (médiation par les signes). La fonction de l'adulte consiste essentiellement à fournir les intermédiaires sémiotiques, principalement le langage, pour amener l'enfant, après intériorisation, à l'autonomie.

S'inspirant de la conception de la médiation dans le champ de l'intervention sociale, Weil-Barais & Dumas-Carré (1995) définissent la médiation scolaire comme un processus visant à prévenir et/ou à résoudre un conflit ou une difficulté cognitive ... une stratégie de prévention et de résolution des incompatibilités cognitives ... la notion de médiation considère l'intervention verbale comme un acte et non comme une simple expression d'un savoir à transmettre et/ou d'une représentation mentale indépendante de l'énoncé et du contexte de l'énonciation. Dans les interactions de médiation, l'enseignant négocie avec les élèves les changements cognitifs (Weil-Barais & Dumas-Carré, 1995). Ces changements ont trait aux significations, aux règles, aux normes et aux conventions. La médiation peut ainsi être considérée comme un processus de co-construction dans lequel l'enseignant accompagne l'élève.

Méthodologie

Nous nous intéressons au comment enseigner/apprendre un savoir disciplinaire défini avec l'ordinateur portable, en sciences physiques (SPC) et en technologie (TECH). Pour traiter cette question de l'enseignement d'un savoir disciplinaire avec des ordinateurs portables, il s'agit d'expérimenter des dispositifs didactiques à partir d'enseignements où l'ordinateur est présent dès la conception de la situation. Nous n'avons pas eu connaissance dans notre champ d'action de telles situations construites spontanément par des enseignants propices à l'observation. Aussi après deux années, avons-nous décidé de construire une observation en adoptant une méthodologie commune en sciences physiques et en technologie. Ces études reposent sur un travail d'équipe pour préparer, mettre en place et analyser une séquence d'enseignement. Nous avons contribué à l'élaboration collective avec des enseignants volontaires d'une séquence d'enseignement mise en œuvre par l'un d'entre eux et donnant lieu à deux observations en parallèle.

En technologie, comme en sciences physiques, chaque équipe a travaillé à l'élaboration des séquences d'enseignement mettant en jeu les ordinateurs portables distribués aux élèves dans le but annoncé de pouvoir analyser l'apport de ces outils dans l'enseignement de ces disciplines. Leur travail s'est concentré sur la

⁴ Le concept d'étaillage apparaît ainsi lié au concept vygotkien de zone proximale de développement.

recherche d'enseignements adaptés au développement des potentialités de l'outil informatique. Les savoirs mis en jeu ont fait l'objet d'un travail de sélection pour arriver à voir dans quelle mesure ils méritaient le recours aux ordinateurs portables. Le dispositif élaboré a donc ainsi fait l'objet d'un travail collectif dont l'expérimentation fait l'objet de notre analyse.

En sciences physiques, le choix collectif s'est porté sur l'optique en classe de quatrième et plus précisément sur la couleur et la synthèse additive. En technologie, l'enseignement a été choisi en rapport à l'usage habituel d'ordinateurs fixes ; cependant au-delà du recours à un logiciel utilisé habituellement en conception assistée par ordinateur (CAO), l'accent a été mis sur les aspects de communication rendus plus faciles avec le réseau Internet et l'aspect personnel de l'outil.

Les méthodes et les techniques d'analyse de tels corpus peuvent s'opérer de différentes façons (Dumas-Carré & Weil-Barais, 1996 ; Schneuwly, Dolz & Ronveaux, 2006). Nous avons choisi de procéder à la construction de chroniques thématiques (Boilevin & Dumas-Carré, 2004) après une phase de transcription écrite de l'enregistrement des séances (cf. Annexe 1 et 2). L'ensemble des interventions verbales concernant un même objet en débat entre les partenaires de l'échange permet de définir un épisode, qui reçoit un titre. Ce découpage en épisodes constitue ainsi la chronique thématique de la séance. Cette analyse macroscopique permet d'identifier la dynamique des échanges et de choisir les épisodes qui seront soumis à l'analyse microscopique. De plus, l'analyse de la chronique permet de repérer les épisodes récurrents (objet déjà débattu ultérieurement), possibles révélateurs de dysfonctionnement. La chronique thématique ainsi constituée présente la chronologie et l'intégralité des échanges verbaux (Annexe 1) et elle peut aussi mettre l'accent sur la description des activités des élèves et de l'enseignant (Annexe 2).

Ensuite, nous procédons à une analyse des interactions langagières de façon à caractériser chaque épisode (Annexe 2). Pour les deux types d'interaction qui nous intéressent (tutelle et médiation), il existe des points communs : encouragements, invitation à l'explication, rappel de l'attention. Pour les différencier dans les transcriptions, trois critères peuvent être utilisés (Saint-Georges, 2001) :

- la répartition de la durée du discours et le mode de prise de parole qui peut éluder ou aider au franchissement des obstacles ;
- le guidage des tâches complexes vers le résultat ou l'accomplissement ;
- la prise en compte des erreurs pour favoriser la réussite ou les processus d'apprentissage.

Le tableau présenté en Annexe 3 montre les deux types d'interaction différents identifiés à l'aune de ces trois critères. Les quelques épisodes figurant dans l'extrait de la chronique thématique en technologie (Annexe 1) sont ainsi classés en mode tutelle. En effet, la durée du discours et le mode de prise de parole du professeur sont typiques de ce type d'interaction. Par exemple, la phrase incomplète suivante *Il y a trois types de pièces : le porte stylos, le porte courrier et le porte ?* doit être terminée par les élèves. De plus, dans ces épisodes, les élèves ne s'expriment que rarement et de manière très brève.

Résultats de l'analyse

Les données recueillies concernent la séance d'enseignement de technologie et les deux séances d'enseignement de physique. Les résultats centrés sur l'analyse des épisodes et des interactions auxquelles ils donnent lieu viennent éclairer l'enchaînement temporel des tâches, les savoirs réellement mis en jeu et leur mode de transmission-appropriation.

L'observation en technologie

Structure de la séance

La séance de technologie s'articule autour de tâches de conception assistée par ordinateur (CAO). Chaque élève est responsable d'une pièce et, par groupe de trois, ils doivent réaliser, avec le logiciel *Solidworks*, un assemblage de trois pièces (un porte bloc de papier, un porte crayon et un porte courrier) pour réaliser un set de bureau. Tous les documents leur sont communiqués par fichier (consigne de travail, cahier des charges, fichiers des pièces) et les échanges ont lieu par messagerie grâce au réseau Internet. Le choix de la couleur et du modèle de pièce parmi trois possibilités, ainsi que le respect de contraintes d'assemblage, participent au travail de conception demandé aux élèves. Ils doivent communiquer entre eux par mail pour se coordonner et obtenir les choix des autres membres de la tripléte à laquelle ils appartiennent avant de réaliser chacun l'assemblage que le logiciel de CAO permet de faire. Pour réaliser ce travail de conception, la séance va se dérouler dans l'ordre des thèmes suivants : prise en main de la classe, présentation de la séance, tâche 1 : consultation des différents documents électroniques, tâche 2 : échanges sur les propositions de choix, tâche 3 : assemblage CAO (cf. Tableau 1).

La séance concerne une classe de 3^o et elle est divisée en deux périodes de 50 minutes entrecoupées d'une récréation.

Tableau 1. Type de thème et nombre d'épisodes (Classe TECH)

Type de thème	Repérage des tâches élèves	Nombre d'épisodes
Présentation de la séance		12 (n° 1 à 12)
Tâche 1	Consultation des différents documents électroniques	3 (n° 13, 14 et 15)
Tâche 2	Echanges sur les propositions de choix	8 (n° 16 à 23)
Tâche 3	Assemblage CAO	5 (n° 24 à 28)
Fin de séance		1 (n° 29)
Total		29

Commentaires

Dans le travail de préparation, les enseignants ont été guidés dans l'élaboration de la séance par l'intégration du dispositif informatique dans le travail à effectuer par les élèves. Du coup, les savoirs en jeux portent dans la séance autant sur la gestion et l'envoi de fichiers que sur l'utilisation du logiciel de CAO. Certains enseignants, dont celui qui expérimente la séance, anticipaient d'éventuelles difficultés car les élèves auraient à gérer différents fichiers à la fois. Or en situation de confrontation à l'enregistrement de la séance, l'enseignant constate par lui-même :

Ce qu'on voit bien quand même c'est qu'ils arrivent à se balader de dossier en dossier sans problème, ils vont de l'un à l'autre. Des adultes qui n'ont pas l'habitude de travailler comme ça pensent que c'est plus difficile. Pour les élèves pas du tout ...

...

j'avais peur qu'il y ait trop de fichiers c'est pour cela que je n'ai pas mis notamment la liste des groupes.

Par contre, le recours au tout informatique accentue un phénomène déjà connu en technologie. L'essentiel est communiqué par écrit dans des documents mis à la disposition des élèves. Cela se traduit par des échanges en classe qui ne mettent pas toujours les savoirs au cœur des interactions langagières mais plutôt un rappel des consignes surtout quand les documents, en l'occurrence électroniques, sont testés en classe pour la première fois :

Je voulais faire un petit rappel car la fiche consigne ne vous suffit pas. Si vous remarquez bien la fiche consigne, vous avez des n° d'ordre pour les travaux, 1, 2 et 3. Alors premier travail, vous allez prendre connaissance des fichiers Solidworks que vous avez reçus. Chaque élève du groupe reçoit une partie du total : porte stylo, porte bloc et porte courrier.

De ce point de vue le contrat didactique est semblable dans ces aspects les plus pérennes avec les règles de travail habituelles en technologie. Les consignes sont transmises sous forme de documents qui guident le travail des élèves et quand l'enseignant intervient, il le fait toujours dans l'optique de guider les élèves dans la réalisation de la tâche qu'ils ont à effectuer. Du coup, le sens que les élèves donnent au travail qu'ils sont en train d'effectuer échappe à l'enseignant et dans un contexte de travail et d'échange informatique, finalement les élèves peuvent donner le change assez facilement. Le nez rivé sur leur écran, ce qu'ils font réellement échappe à la prise d'indicateurs en temps réel par l'enseignant pour savoir si les élèves suivent.

L'enseignant se sert des ordinateurs dans la séquence d'enseignement en l'intégrant aux tâches demandées aux élèves mais il s'en sert aussi dans la deuxième partie de la séance pour faire la démonstration vidéo projecteur, à l'appui de ce que le logiciel *Solidworks* permet de faire, aux élèves qui ne l'ont encore jamais utilisé du moins pour les fonctionnalités en jeu. Cette manière de procéder renvoie à une monstration didactique visant l'appropriation plus rapide des fonctionnalités du logiciel et apparaît de ce point de vue très adaptée. Nous avons déjà souligné la nature des interactions langagières très liées au guidage de la tâche. Effectivement les échanges verbaux traduisent des interactions didactiques portant essentiellement sur le mode de la tutelle qui vise à accompagner l'élève dans la réalisation de la tâche mais pas forcément dans les apprentissages. Seuls trois moments dans la séance sont plutôt propices à la co-construction et donc à une médiation de la part de l'enseignant qui va engager les élèves dans un processus qui leur est propre. Effectivement, l'apport de l'enseignant à propos de la démonstration des fonctionnalités utiles pour la réalisation de la tâche va procéder de cette co-construction. Il est à noter que le dispositif ne prévoyait pas, sans pour autant l'interdire, une telle intervention à laquelle l'enseignant a choisi de procéder pour aider les élèves à avancer. Les deux autres moments concernent la présentation de la séance dans laquelle l'enseignant explique aux élèves ce qu'ils vont avoir à faire et un autre moment dans la séance où il constate que les élèves ne se préoccupent pas suffisamment de la couleur dans les échanges qu'ils doivent avoir entre eux.

L'analyse de la séance appelle une remarque quant au dispositif d'enseignement tel qu'il a été prévu. Sans doute la première exécution d'une ingénierie permet-elle toujours des ajustements notables et en l'occurrence l'organisation mise en œuvre notamment pour communiquer par fichier interposé avec les élèves et l'équilibre de la gestion du temps didactique méritent des ajustements. Il n'en reste pas moins que l'enseignant a pris à bras le corps les problèmes d'appropriation de l'outil par les élèves tout en poursuivant le but qu'il s'était fixé.

L'observation en sciences physiques

Structure de la séance

Dans la classe 1, les 45 épisodes identifiés peuvent être regroupés autour de plusieurs thèmes (Tableau 2) : début de séance ; problématique générale de la séance de classe ; tâche 1 : composer une couleur à l'aide d'un logiciel approprié ; tâche 2 : expliquer, à l'aide d'un logiciel, comment la télévision permet de recréer la couleur produite précédemment ; tâche 3 : composer une couleur par addition à l'aide d'un logiciel ; tâche 4 : expliquer le principe de la synthèse additive à l'aide du manuel et de l'expérience réalisée par le professeur avec le vidéo projecteur ; tâche 5 : compléter un schéma à l'aide du manuel et de la synthèse projetée par le vidéo projecteur ; fin de séance.

Tableau 2. *Type de thème et nombre d'épisodes (Classe SPC1)*

Type de thème	Repérage des tâches élèves	Nombre d'épisodes
Début de séance		3
Enoncé de la problématique générale de la séance de classe		6
Tâche 1	Composer une couleur à l'aide d'un logiciel approprié	14
Tâche 2	Expliquer, à l'aide d'un logiciel, comment la télévision permet de recréer la couleur produite précédemment	7
Tâche 3	Composer une couleur par addition à l'aide d'un logiciel	8
Tâche 4	Expliquer le principe de la synthèse additive à l'aide du manuel et de l'expérience réalisée par le professeur avec le vidéo projecteur	5
Tâche 5	Compléter un schéma à l'aide du manuel et de la synthèse projetée par le vidéo projecteur	1
Fin de séance		1
Total		45

Dans la classe 2, les 33 épisodes identifiés peuvent être regroupés autour des mêmes thèmes jusqu'à la tâche 4 (Tableau 3). La fin de séance arrive plus tôt et la tâche 5 est donnée sous forme de travail complémentaire à réaliser à la maison.

Tableau 3. *Type de thème et nombre d'épisodes (Classe SPC2)*

Type de thème	Repérage des tâches élèves	Nombre d'épisodes
Début de séance		3
Enoncé de la problématique générale de la séance de classe		10
Tâche 1	Composer une couleur à l'aide d'un logiciel approprié	9
Tâche 2	Expliquer, à l'aide d'un logiciel, comment la télévision permet de recréer la couleur produite précédemment	4
Tâche 3	Composer une couleur par addition à l'aide d'un logiciel	5
Tâche 4	Expliquer le principe de la synthèse additive à l'aide du manuel et de l'expérience réalisée par le professeur avec le vidéo projecteur	1
Fin de séance		1
Total		33

Commentaires

La seconde séance comporte moins d'épisodes qui s'avèrent plus longs que dans la séance 1. Le temps didactique est différent dans les deux classes. La dernière tâche sera d'ailleurs reportée à la maison pour la classe 2 par manque de temps.

Une première explication de ce décalage est liée au manque d'ordinateurs portables dans la seconde classe qui nécessite une organisation différente de la part du professeur. Ajoutons que dans les deux classes se pose plusieurs fois le problème des batteries des ordinateurs (chargeur oublié notamment).

Le début de séance dans la classe 2 perturbe aussi l'enseignant qui s'aperçoit que la classe a du mal à entrer dans le jeu de la dévolution. Les élèves ne répondent pas aux nombreuses sollicitations de leur professeur lorsqu'il souhaite les faire participer à la problématisation de l'objet de la séance. A cet égard, le nombre élevé d'épisodes (représentant presque 1/3 du total) est caractéristique. Les élèves jouent en fait le jeu de la contre-dévolution presque systématiquement.

Il semble enfin que les compétences techniques des élèves soient moindres dans la seconde classe. Le professeur doit prendre en compte les aspects d'instrumentalisation alors qu'il souhaiterait passer beaucoup plus vite aux aspects d'instrumentation pour aborder le savoir en jeu dans la séance.

Concernant les modalités d'intervention de l'enseignant au cours des deux séances, notons que l'intervention de type tutelle est quasi systématique dans les tâches recourant à l'ordinateur. Les interventions du professeur (verbales ou non verbales) tendent toutes vers la bonne exécution des tâches avec les logiciels. La médiation est employée dans les moments de dévolution ou de discussion en classe et la communication verbale est de type magistral dans les moments de synthèse. La co-construction ne concerne finalement que certains objets de savoir purement disciplinaires. Les savoirs concernant les T.I.C. ne font pas partie des apprentissages visés dans la séance. Les préoccupations de l'enseignant sont tournées vers la transmission de quelques notions disciplinaires (composition d'une couleur, synthèse additive).

Comparaison des séances d'enseignement de technologie et de physique

Pour 100 minutes de séance de classe de technologie, on dénombre seulement 29 épisodes alors que pour 50 minutes de travail en classe de physique, on en comptabilise plus du double (45 pour la séance 1 et 33 pour la séance 2). Les interactions verbales sont donc beaucoup plus nombreuses dans le cours de sciences physiques. Nous pouvons dire que l'enseignant de sciences physiques s'appuie beaucoup plus sur les interactions langagières avec les élèves, notamment dans la phase de dévolution. Mais ensuite, il leur laisse très peu d'autonomie et il exerce un contrôle très strict de leur activité. Le professeur de technologie, de son côté, recourt beaucoup moins aux interactions langagières avec les élèves ; pour autant la conduite de l'activité des élèves est sous contrôle. En fait contrairement à l'enseignement de sciences physiques, les interactions langagières ne sont pas les seules à organiser le travail de l'élève en technologie. Le travail personnel occupe une place importante dans l'organisation de l'étude. Plus précisément, la mise en activité des élèves repose essentiellement sur les consignes données dans les documents ce qui renvoie à une gestion singulière de l'avancée du travail par chaque élève. Les interactions langagières visant la gestion du temps didactique par l'enseignant balisent donc beaucoup moins la séance en technologie alors que le professeur est omniprésent, du moins par son discours, en sciences physiques.

Concernant l'usage de l'ordinateur portable, il semble que la genèse instrumentale ne porte pas sur les mêmes dimensions pour l'enseignant et pour les élèves dans l'usage qui en est fait en sciences physiques. L'enseignant qui utilise l'ordinateur comme dispositif expérimental développe l'instrumentalisation alors que les élèves n'auraient à leur charge que l'instrumentation. Il semble qu'il n'y ait pas de co-construction pour ce qui concerne les usages de l'ordinateur portable et des logiciels pour l'enseignant de sciences physiques alors que les élèves pourraient très bien s'entraider (d'ailleurs, cela arrive parfois dans la classe 1 comme pendant la tâche 3 Composer une couleur par addition à l'aide d'un logiciel où des élèves en aident d'autres spontanément). Pour lui, il n'y aurait co-construction que pour des objets de savoir de la physique alors que pour le professeur de technologie, les deux processus de genèse instrumentale (instrumentalisation et instrumentation) sont pris en compte dans l'ensemble de la séance.

Conclusion

Le contrat didactique ne s'est pas modifié ; au contraire ses traits caractéristiques se trouvent confortés par les deux disciplines dans lequel il prend vie, (expérience par rapport au savoir en jeu en sciences physiques et activité fortement guidée en technologie) mais il est devenu plus difficile à faire vivre. Le rôle attribué à l'ordinateur dans la séquence n'est pas le même dans les deux disciplines. Il a un rôle premier, c'est-à-dire qu'il constitue une fin en soi, concernant l'enseignement de technologie et un rôle second en physique où il est un moyen d'enseigner. Il semble d'ailleurs que l'activité de l'enseignant de sciences physiques ne soit pas réellement modifiée par l'usage des ordinateurs portables. Tout se passe dans la séance de sciences physiques comme si l'ordinateur portable et les logiciels utilisés se comportaient comme un montage expérimental classique où l'essentiel se joue autour des savoirs disciplinaires en jeu, quasiment indépendamment du dispositif expérimental. En technologie, les élèves se sont davantage familiarisés avec l'ordinateur que ne l'imaginait l'enseignant, notamment pour la gestion de fichiers alors que l'instrumentalisation de *Solidworks* a présenté plus de difficultés que prévu. Dans les deux cas, le dispositif matériel a joué le rôle d'instrument dans l'activité de l'élève qui ne pouvait réaliser les tâches sans s'en approprier l'usage. Alors qu'en sciences physiques l'enseignant se sert de l'ordinateur pour permettre aux élèves d'apprendre grâce à l'outil le savoir associé aux

travaux pratiques d'optique, en technologie il s'agit d'apprendre en même temps à se servir de l'outil et à réaliser l'exercice de CAO. L'utilisation de l'outil informatique sert à enseigner dans les deux disciplines mais force est de constater qu'il constitue un savoir technologique. Dès la conception de la séance, la différence entre les deux disciplines porte sur le fait que le dispositif qui intègre les ordinateurs portables en réseau est utilisé pour enseigner quelque chose qui ne pourrait pas s'enseigner sans en technologie (CAO et échanges Internet) alors qu'en sciences physiques le recours au dispositif informatique ne modifie ni le savoir enseigné ni la façon de l'enseigner. Finalement, ce ne sont pas les manières d'enseigner qui changent le plus puisque, bien qu'elles soient différentes, celles de technologie comme de sciences physiques sont plutôt confortées : travail guidé en technologie et recours à un dispositif expérimental en physique. Alors que l'enjeu de savoir lui occupe une place fondamentale. C'est en fait quand l'ordinateur permet de faire quelque chose de nouveau, que l'on ne peut pas faire sans lui, que de réelles modifications peuvent apparaître tant dans le savoir enseigné que dans la manière de l'enseigner.

Références bibliographiques

- Amigues, R. (1994). *Construction des faits d'enseignement et voies de recherche en psychologie de l'éducation. Un exemple, les technologies éducatives*. Habilitation à Diriger des Recherches. Université de Provence, Aix-en-Provence.
- Amigues, R. & Ginestí, J. (1991). Représentations et stratégies des élèves dans l'apprentissage d'un langage de commande : le grafset. *Le Travail Humain*, 4, 1-19.
- Aumont, B. & Mesnier, P.M. (1992). *L'acte d'apprendre*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Baron, G.L. & Bruillard, E. (2001). Une didactique de l'informatique. *Revue Française de Pédagogie*, 135, 163-172.
- Boilevin, J.M. (2000). *Conception et analyse du fonctionnement d'un dispositif de formation initiale d'enseignants de physique-chimie utilisant des savoirs issus de la recherche en didactique : un modèle d'activité et des cadres d'analyse des interactions en classe*. Thèse de doctorat. Université de Provence.
- Boilevin, J.M., Brandt-Pomares, P. & Ranucci, F. (2005). Un ordinateur portable pour chaque élève : quelles influences sur les enseignements scientifique et technologique au collège. In *Actes des Quatrièmes Rencontres Scientifiques de l'ARDIST* (pp. 69-76). Lyon : ARDIST et I.N.R.P.
- Boilevin, J.M. & Dumas-Carré, A. (2004). Fonctions de la verbalisation dans l'apprentissage de règles de schématisation en électricité au collège. *Colloque : Faut-il parler pour apprendre. Dialogues, verbalisation et apprentissages en situation de travail à l'école : acquis et questions vives*. [CD-Rom]. Arras : I.U.F.M. Nord-Pas-de-Calais.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Bruner, J.S. (1983). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Chaptal, A. (2005). Le système apprend-il ? In *Les dossiers de l'ingénierie éducative*, [<http://www.cndp.fr/tice/dossiers/tribune200503.htm>] (consulté le 15 janvier 2007).
- Dumas-Carré, A. & Weil-Barais, A. (1996, Eds.). *Méthodes et Techniques d'analyse des corpus interactifs*. Paris : GDSE P7, Université Paris 7.
- François, F. (1990, Ed.). *La communication inégale, heurs et malheurs*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Gilly, M. (1995). Approches socio-constructives du développement cognitif. In D. Gaonac'h & C. Golder, (Eds.), *Manuel de psychologie pour l'enseignement* (pp. 130-167). Paris : Hachette Education.
- Ginestí, J. & Andréucci, C. (1997, avril). *Approach of assessment and teaching meaningful in Technology education in France : tries and mistakes*. Paper at the 8th PATT Conference. Breukelen, PATT Foundation.
- Johsua, S. & Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Jonnaert, P. & Vander Borgh, C. (1999). *Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence pour la formation didactique des enseignants*. Bruxelles : De Boeck.
- Lagrange, J.B. & Grugeon, B. (2003). Vers une prise en compte de la complexité de l'usage des TIC dans l'enseignement. Une méta-analyse des publications d'innovation et de recherche en mathématiques. *Revue française de pédagogie*, 143, 101-111.
- Larose, F., Grenon, V. & Palm, S.B. (2004). *Enquête sur l'état des pratiques d'appropriation et de mise en œuvre des ressources informatiques par les enseignantes et les enseignants du Québec*. Centre de Recherche sur l'Intervention Educative, Sherbrooke.
- Léontiev, A. (1974). The problem of activity in psychology. *Soviet Psychology*, 13, 14-33.
- Léontiev, A. (1975). *Activité, conscience, personnalité*. Moscou : Editions du progrès.

- Luria, A. (1979). *The making of mind : A personal account of Soviet Psychology*. Cambridge M.A.: Harvard University Press.
- Metzger, J.L. (2002). Apports et limites des théories de l'apprentissage organisationnel : le cas de la réforme permanente. *Formation emploi*, 77, 12-16.
- Mingasson, M. (2002) *Le guide du e-learning : l'organisation apprenante*. Paris : Editions d'organisation.
- Ministère de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie (2004). Les attitudes des enseignants vis-à-vis des technologies de l'information et de la communication dans les premier et second degrés. Paris : M.E.N.R.T.
- Perret-Clermont, A.N., Schubauer-Leoni, M.L., & Trognon, A. (1992). *Les processus d'extorsion de réponses en situation asymétrique, Verbum*, 1-2. Nancy : Presses Universitaires de Nancy.
- PNER (Programme de Numérisation pour l'Enseignement et la Recherche). (2002). Etudier les usages pédagogiques des technologies de l'information et de la communication : une pratique de recherche ou/et de légitimation ? *Etude n °3*. Groupe de travail Méthodes et outils pour l'observation et l'analyse de usages, Rapport final, Lyon.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Rabardel, P. & Véricollon, P. (1985). Relations aux objets et développement cognitifs, In A. Giordan & J.L. Martinand (Eds.), *Actes des septièmes journées internationales sur l'éducation scientifique* (pp. 189-196). Paris : LIRESP, Université Paris VII.
- Saint-Georges, M. (2001). L'analyse des dialogues en classe : un outil pour une formation didactique des professeurs de sciences physiques. *Aster* 32, 91-122.
- Schneuwly, B., Dolz, J. & Ronveaux, C. (2006). Le synopsis : un outil pour analyser les objets enseignés. In M.J. Perrin-Glorian & Y. Reuter (Eds.), *Les méthodes de recherche en didactique* (pp. 174-181). Villeneuve d'Ascq : Presses Universitaires du Septentrion.
- Vernant, D. (1997). *Du discours à l'action. Formes sémiotiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Vygotski, L.V. (1985). *Pensée et Langage*. Paris : Messidor/Editions sociales.
- Weil-Barais, A. (1998). Introduction. In A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais (Eds.), *Tutelle et médiation dans l'enseignement et la formation* (pp 4-6). Versailles : I.U.F.M. de l'académie de Versailles.
- Weil-Barais, A., & Dumas-Carré, A. (1995). *Essais d'objectivation et de transformation des pratiques médiatrices des enseignants dans l'éducation scientifique*. Paris : LIREST-GDSE P7, Université Paris 7.
- Weil-Barais, A., & Dumas-Carré, A. (1998). Les interactions didactiques : tutelle et/ou médiation ? In A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais (Eds.), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (pp. 1-15). Berne : Peter Lang.

Annexe 1 : Extrait de chronique thématique en technologie

Thème	Episode	Chronologie	Intervenants	Retranscriptions des échanges verbaux	Actions associées	Catégorisation des interactions T : tutelle M : médiation
Début de présentation du travail à faire	Episode 1 : présentation des documents supports	0:00	Professeur	Je vous explique le déroulement du cours. Je vous ai envoyé dans le module « devoir/X », comme d'habitude, une fiche qui s'appelle consigne. C'est les consignes de tout ce qu'il y aura à faire. Elle fait référence à d'autres fichiers notamment vous avez un fichier qui s'appelle cahier des charges, dont on vous dit qu'il faut en prendre connaissance. Vous prenez bien connaissance du cahier des charges. Ensuite un troisième fichier qui s'appelle « fiche ressource assemblage ».	Les élèves s'installent et le professeur présente la séance.	T
	Episode 2 : question d'un élève à la volée	10:18	Elève	Qui c'est qui a un chargeur s'il vous plaît ?		
	Episode 3 : identification des différentes pièces	10:28	Professeur	Tout le monde, sans exception a reçu ces 3 fichiers. Ensuite pour ceux qui étaient en règle au niveau de l'autorisation de filmer, de l'autorisation de création d'un mail, vous avez en plus reçu la partie de la pièce sur laquelle vous allez travailler. Il y a trois types de pièces : le porte stylo, le porte courrier et le porte ?		T
		11:03	Elève	Le porte-bloc ?...Le porte-clé ? Le porte-avion ?		
		11:03	Professeur	Le porte bloc !		
		11:07	Elève	Je n'ai pas porte bloc !		
		11:07	Professeur	Chacun... Pas toi ! toi tu as porte-courrier. Un autre élève a porte-bloc. Voilà chacun		
	Episode 4 : constitution des groupes	11:09	Professeur	Je vais vous donner, attention écoutez bien ça va être oral, je vais vous donner vos groupes. Alors à partir de ce moment là, vous aurez droit pendant 2 minutes de vous échanger par écrit, vos adresses email, de ce groupe là. Donc dans votre groupe là, il y aura deux noms à retenir, ça ne sera pas compliqué. Il faudra aller voir ces deux noms et vous échanger vos adresses email.		T

Annexe 2 : Extrait de chronique thématique en sciences physiques (SPC1)

Thème	Episode	Chronologie	Activités et interventions du professeur	Activités et interventions des élèves	Catégorisation des interactions T : tutelle M : médiation
Problématique générale de la séance de classe	Episode 4 : Présentation de la séance, problème posé « Comment la télévision crée-t-elle des couleurs ? »	3 :06	Montre une image sur une TV à toute la classe		
	Episode 5 : amorce de discussion avec un élève (satellites)				M
	Episode 6 : Hypothèse formulée par un élève E1	4 :49		des bâtons de couleur se mélangent pour former d'autres couleurs	M
	Episode 7 : Relance de la classe sur la première problématique	5 :48			M
	Episode 8 : Un élève E2 suggère la piste « électricité »	6 : 41			M
	Episode 9 : Proposition de tester la proposition de E1,	6 :57			M
Tâche 1 : composer une couleur à l'aide d'un logiciel approprié	Episode 10 : présentation du logiciel <i>flash</i>				
	Episode 11 : Retrouver le logiciel dans l'ordinateur	7 :35	Indications données aux élèves pour retrouver le logiciel dans l'arborescence		T

Annexe 3 : Grille d'analyse médiation et tutelle (d'après Saint-Georges, 2001)

Critères	Tutelle	Médiation
Répartition de la durée du discours et mode de prise de parole	durée du discours de l'enseignant est très supérieure à celle du discours des élèves ; le professeur fait des phrases, les élèves répondent par quelques mots ; il arrive que le professeur laisse des phrases incomplètes que doivent terminer les élèves (unités, loi, symbole d'une grandeur, terme scientifique, etc.)	les durées des discours des élèves et de l'enseignant sont équilibrées ; les élèves ont la possibilité de faire des phrases (mêmes courtes) ; es élèves ont la possibilité de faire des propositions et de les justifier (les expressions suivantes peuvent apparaître : <i>parce que ...</i> , <i>puisque ...</i> , <i>comme...</i>) ; l'enseignant reprend des expressions des élèves avec propositions d'explicitation ou de reformulation : « <i>tu veux dire que ...</i> » ou « <i>alors, pour toi ...</i> »
Guidage des tâches complexes	les tâches qui apparaissent trop complexes sont découpées en tâches intermédiaires plus simples (application directe du cours), le tout accompagné de rappels : « <i>on a vu dans le cours ...</i> » ou « <i>la loi à utiliser est ...</i> » ; le professeur donne des informations préalables pour guider un calcul, permettant d'éviter certaines erreurs (rappels sur les unités, indications de notations sur les circuits électriques ...)	les tâches ne font pas l'objet d'un découpage imposé ; l'enseignant demande aux élèves d'explicitier : « <i>pourquoi as-tu pris cette valeur ?</i> » ou « <i>comment as-tu fait ...</i> » ; le professeur favorise éventuellement le dialogue entre plusieurs élèves pendant la restitution de la tâche
Prise en compte des erreurs	l'enseignant corrige immédiatement les erreurs, en donnant la bonne réponse et/ou un justification : « <i>non parce que ...</i> », « <i>rappelle-toi que ...</i> », « <i>non, on a dit que ...</i> » ; l'enseignant rejette ou ne prend pas en compte les réponses incorrectement formulées par les élèves.	l'enseignant provoque la confrontation des réponses à des contradictions individuelles : « <i>mais alors tu disais que ...</i> » ou à d'autres propositions d'élèves : « <i>et vous, qu'en pensez-vous ?</i> » ; l'enseignant prend en compte les propositions d'élèves formulées approximativement et négocie par rapport à une réponse acceptable scientifiquement.

Des questions pour l'enseignement des systèmes automatisés au collège : quelles tâches, quels supports pour quelles activités des élèves ?

Liliane Aravecchia

• Equipe Gestepro, U.M.R. A.D.E.F., Université de Provence
l.aravecchia@aix-mrs.iufm.fr

Résumé

Ce texte propose de s'interroger sur la conception et l'utilisation de maquettes de systèmes automatisés dans l'enseignement de la technologie au collège. Partant de différents constats et études, portant en particulier sur la distinction entre maquette réelle et maquette virtuelle, nous présentons des projets de travaux qui posent notamment la question de la transposition didactique pour ces environnements d'apprentissage que sont les maquettes utilisées en technologie.

Mots clés

Maquette – Modélisation – Système automatisé – Technologie – Transposition didactique

Abstract

This text proposes to question the design and the use of automated systems models in technology education at French college. On the basis of various reports and studies, relating in particular to the distinction between real model and virtual model, we present some projects which raise the particular question of the "transposition didactique" for these learning environments which use models in technology education.

Key Words

Model – Modelling – Automated system – Technology education – "Transposition didactique"

Constats et questions

Plusieurs études réalisées dans l'académie d'Aix-Marseille (France) portant sur l'enseignement des systèmes automatisés en technologie au collège, nous ont amenée à faire différents constats.

Une enquête déjà ancienne¹ a montré que seulement 40% des enseignants mettaient en œuvre un enseignement des systèmes automatisés pourtant au programme des classes de cinquième du collège français. Les raisons invoquées étaient le manque de formation mais aussi et surtout la difficulté à utiliser des maquettes dans leur classe (achat comme mise en service). Une autre enquête² menée auprès d'enseignants de technologie dans le cadre de stages de formation continue a montré que les critères de choix pour l'achat de maquettes didactiques pour cet enseignement étaient, dans l'ordre, la facilité de mise en route, le coût, la facilité d'utilisation. L'intérêt pédagogique ou didactique de ce support n'était que rarement cité. Une étude, menée dans le cadre d'un D.E.A. en sciences de l'éducation, montre que, quel que soit le support didactique choisi, l'activité des élèves reste très pauvre en apprentissage. (Aravecchia, 2000)

¹ Enquête interne réalisée en 1998 par l'équipe de formateurs de technologie de l'I.U.F.M. d'Aix-Marseille auprès des enseignants de tous les collèges de l'académie.

² Enquête réalisée en 2001 par la même équipe.

Enfin, si on observe ce qui se passe actuellement dans les collèges de l'académie, il semblerait que, parmi ceux qui mettent en œuvre cet enseignement (ils ne sont guère plus nombreux qu'en 1998), la maquette disparaît au profit du support virtuel.

Dans les textes officiels (M.E.N., 1997) concernant l'enseignement des systèmes automatisés en classe de cinquième du collège français (grade 7, 12-13 ans) dans l'unité Pilotage par ordinateur, il est précisé que « cette unité mobilise les élèves autour de l'étude et du pilotage de maquettes, à partir d'un cahier des charges fourni. Les maquettes reproduisent des situations relevant de leur environnement habituel (feux de carrefour, monte-charge, trieur-convoyeur, éclairage automatique, ...) Leur structure permet l'intervention des élèves sur la partie opérative (échange de capteurs et d'actionneurs) ». Les documents d'accompagnement des programmes précisent, quant à eux, que le but de cette unité est « d'amener l'élève à une meilleure compréhension du monde technique qui constitue son environnement immédiat, au travers de l'analyse des chaînes fonctionnelles composant les systèmes automatisés et de leur mode de commande ».

Ces prescriptions nous ont amenée à nous poser les questions suivantes :

- une maquette didactique physique est-elle indispensable ?
- reste-t-elle le support à privilégier ?
- la simulation permet-elle les apprentissages visés ?
- permet-elle d'ouvrir d'autres possibles que la maquette physique ?

En technologie, la connaissance du monde actuel et le développement des compétences pour l'appréhender sont un moyen de contribuer au développement d'une éducation technologique. Il convient alors de s'interroger sur les concepts relevant de ce domaine, enjeux de connaissances nécessaires au processus de compréhension.

Or, le travail que nous menons actuellement sur cet enseignement vise à montrer que la compréhension d'un système automatisé repose sur la construction de l'articulation fonction – fonctionnement – structure de ces objets particuliers.

Ici, nous souhaitons étudier l'incidence de l'utilisation des maquettes dans cette articulation et ainsi dans la compréhension de ces systèmes. Nous voulons voir comment des élèves de cinquième établissent la relation entre ces différents éléments et ainsi appréhender leur compréhension du système étudié.

Le système étudié

Le travail, présenté ci-après, a été développé dans cette optique. Il s'agit d'une étude effectuée avec des professeurs stagiaires de technologie qui porte sur la question de l'utilisation de maquettes, physiques ou virtuelles, dans l'enseignement de l'unité « Pilotage par ordinateur » en classe de cinquième au collège (Janin-Gadoux & Priou, 2007).

Deux types de maquettes

Pour nous, qu'elle soit physique ou virtuelle, une maquette est une simulation du réel. Par maquette physique, nous entendons une reproduction modélisée, à échelle réduite, de tout ou partie d'un système réel. Les concepteurs de maquettes à finalité pédagogique sont ainsi amenés à morceler, à modifier, à simplifier certains éléments du système automatisé reproduit afin d'en faciliter la compréhension et de rendre plus aisée l'identification des différentes entités : opérateur, partie commande, partie opérative, flux d'informations. Cette maquette pourra être pilotée par l'intermédiaire d'un micro-ordinateur ou fonctionner en mode autonome. En réponse aux prescriptions des programmes, les maquettes proposées par les fournisseurs de matériel pédagogique se présentent sous la forme de maquettes fixes avec un système construit dont on peut modifier seulement quelques éléments (feux de croisement, monte-charge, domotique, écluse, ou petites unités de production), de systèmes modulaires permettant de réaliser le système souhaité (*Lego, Fischertechnik*) ou de petits robots (bras manipulateur).

Par maquette virtuelle, nous entendons un programme informatique destiné à l'enseignement au collège (didacticiel) capable de reproduire artificiellement le fonctionnement de tout ou partie d'un système réel.

Pour cette étude, le matériel utilisé est la maquette d'ascenseur *Jeulin* (Figure 1) pilotée à l'aide du logiciel *Maqplus*. Cette maquette³ a été choisie car elle offre la possibilité d'avoir les deux types de support, physique et virtuel, pour le même système. En effet, avec le logiciel, un mode simulation de la maquette (Figure 2) et de son fonctionnement est possible.

³ La maquette ascenseur s'utilise sans la sortir de sa valisette. Il suffit d'incliner la façade et de la bloquer par le couvercle.



Figure 1. Maquette Ascenseur dans sa valisette (Fournisseur Jeulin)

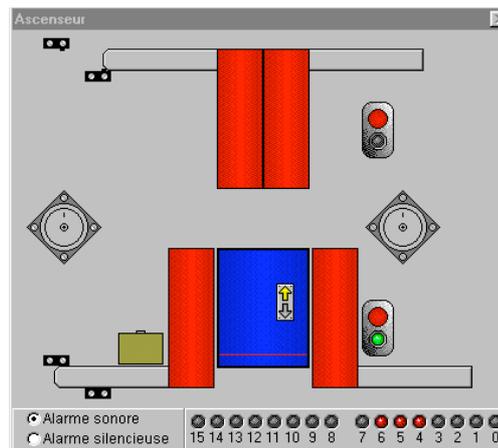


Figure 2. Ecran affiché pour la simulation de l'ascenseur

Dispositif d'étude

Nous avons observé cinq classes en situation réelle (108 élèves de 12-13 ans) pour recueillir des éléments de réponse aux questions que nous rappelons ici : *Une maquette didactique physique est-elle indispensable ? Reste-t-elle le support à privilégier ? La simulation permet-elle les apprentissages visés ? et Permet-elle d'ouvrir d'autres possibles que la maquette physique ?* La séquence élaborée par les stagiaires comporte deux séances d'une heure.

Une première séance de découverte des systèmes automatisés est réalisée, en collectif avec la classe entière. Les élèves doivent ensuite raconter le fonctionnement d'un ascenseur à partir d'une vidéo qu'ils ont visionnée. Cette tâche permet de regarder la façon dont un élève décrit le fonctionnement d'un système automatisé sans avoir abordé les notions attendues du programme (capteur, actionneur, partie commande, ...).

Dans la deuxième séance, les élèves, par groupe de deux, étudient le même système (ascenseur) en manipulant une maquette. L'élève doit alors établir un lien entre un système automatisé réel proche de son environnement et la représentation de ce système par une maquette physique ou virtuelle. Une partie des élèves est confrontée à un support virtuel (groupe 1), l'autre partie à un support physique (groupe 2). Un même ensemble de quatre tâches est proposé.

Ces quatre tâches se déclinent ainsi :

- tâche 1 : observer et décrire le fonctionnement du système ;
- tâche 2 : expliquer le rôle des éléments numérotés ;
- tâche 3 : évoquer la possibilité de rester coincé entre les portes de l'ascenseur ;
- tâche 4 : nommer les constituants numérotés du système observé.

Deux fiches élèves, E1 et E2, à compléter donnent les prescriptions de l'enseignant pour le travail à faire (Annexe). L'enseignant distribue la fiche élève E1 qu'il relève au bout de 35 minutes, puis la fiche E2 qui est relevée à la fin de la séance. Chaque tâche correspond à une consigne sur les fiches élèves. Dans ces fiches, la représentation graphique choisie pour montrer le système étudié présente le même dessin que la représentation proposée pour la simulation (Figure 2).

Les tâches données visent, en partie, les compétences suivantes spécifiées par le programme de l'unité. C1 : *Identifier sur la maquette les différents constituants du système*, C2 : *Identifier et justifier le choix de capteurs et actionneurs utilisés*, C3 : *Repérer sur la maquette si la commande est directe (ordres non contrôlés) ou avec compte-rendu d'exécution (vérification de l'effet attendu)*, C4 : *Représenter les étapes du cycle à partir de l'observation du fonctionnement de la maquette*.

C'est sur cette deuxième séance que portent particulièrement nos observations : l'étude des productions écrites des élèves doit permettre de voir ce qu'ils repèrent, comment ils décrivent le fonctionnement, comment ils associent fonctions et éléments de structure notamment.

Analyse des tâches prescrites

Pour la première tâche, Observer et décrire le fonctionnement du système, à la demande *Observe bien le fonctionnement du système que tu as devant toi et explique-le ci-dessous*, il est attendu que les élèves mettent en évidence les contenus suivants :

- appel de l'ascenseur aux différents niveaux par appui sur le bouton poussoir ;

- indicateur lumineux activé si présence de la cage ;
- sélection de l'étage de destination par un bouton poussoir ;
- indication de l'étage de destination possible par un signal lumineux ;
- fermeture temporisée des portes ;
- réouverture des portes si présence d'un élément entre ces portes.

Dans la deuxième tâche, Expliquer le rôle des éléments numérotés (de 1 à 8), l'élève a pour consigne *Explique brièvement à quoi servent les éléments repérés sur le dessin ci-dessous (dessin représentant la maquette)*. En réponse, les idées suivantes peuvent être exprimées pour chaque élément repéré :

- détecter la position des portes au niveau 1 ;
- sélectionner l'étage de destination ;
- indiquer l'étage de destination possible ;
- permettre l'ouverture et la fermeture des portes ;
- détecter la position des portes au niveau 0 ;
- détecter la présence d'un élément par interruption d'un signal lumineux ;
- appeler l'ascenseur au niveau 0 ;
- permettre la montée ou la descente de la cage ;
- appeler l'ascenseur au niveau 1.

La troisième tâche, Evoquer la possibilité de rester coincé entre les portes de l'ascenseur, pose la question suivante *Crois-tu qu'il soit possible de rester coincé entre les deux portes de l'ascenseur ? Pourquoi ?*. L'idée de la présence d'un système de détection devrait être évoquée.

Enfin, dans la quatrième tâche, Nommer les constituants numérotés du système observé, la consigne est *Les éléments de la maquette sont repérés par des numéros. Tu dois associer à chacun d'eux la désignation de l'élément représenté*. Les élèves doivent nommer les éléments qu'ils ont repérés avec l'appellation appropriée, et, pour cela, ils doivent compléter une nomenclature par le numéro du repère.

Analyse des maquettes

Groupe maquette physique

Pour réaliser le travail demandé, les élèves lancent le programme qui pilote la maquette et peuvent alors observer le fonctionnement de la maquette réelle. Ils peuvent agir sur celui-ci en appuyant sur les boutons poussoirs par exemple.

Même si elle est concrète, la maquette simplifiée d'ascenseur utilisée (Figure 3), sans volume significatif, présente des éléments trop disproportionnés. Par exemple, un énorme moteur (1) doit actionner des portes minuscules (4). De plus, les deux moteurs sont identiques et placés symétriquement, alors que le moteur 1 actionne les portes tandis que le moteur 2 actionne la montée et la descente de la cabine. Il sera difficile d'identifier qui fait quoi (Tâche 2).

Les capteurs de fin de course (3), à l'inverse des boutons poussoirs (5) par exemple, ne sont pas des composants habituellement utilisés par les enfants. Ce ne sont pas les portes qui touchent les fins de course mais les axes qui entraînent les portes par un mécanisme non visible. Ainsi, le support opaque qui ne permet pas de voir les éléments qui transmettent les mouvements de l'ascenseur ou des portes et la méconnaissance du rôle des capteurs de fin de course peuvent entraîner une difficulté pour les élèves à comprendre le fonctionnement.

De même, la coque plastique enveloppant les moteurs, ne permet pas, à première vue, de penser à des moteurs, même si ces éléments sont connus des élèves.

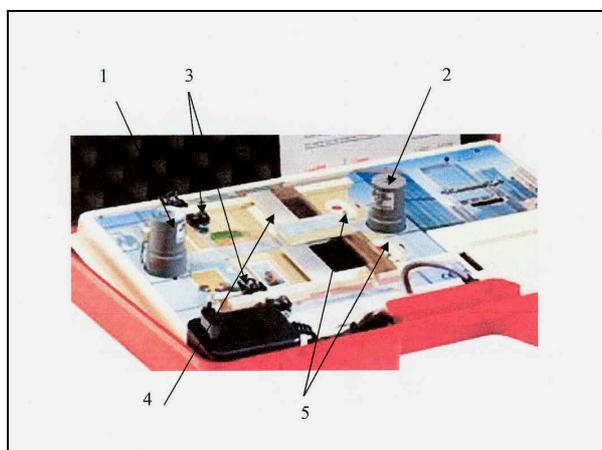


Figure 3. Maquette « physique » Ascenseur

Groupe maquette virtuelle

Pour réaliser le travail, les élèves lancent le programme en version simulation et peuvent ainsi observer le système de la maquette virtuelle (Figure 4) en fonctionnement. Ils peuvent agir en cliquant sur certains éléments comme le bouton-poussoir (6,8), la valise qui se déplace à l'intérieur de l'ascenseur (ou bien revient à sa place), ou placer le pointeur de la souris pour déclencher le capteur infrarouge (5).

Nous retrouvons sur la maquette virtuelle représentée par la Figure 4, les différents éléments du système modélisé pour la simulation. Les capteurs de fin de course sont repérés par les numéros 1 et 4, les moteurs sont les repères 3 et 7, les repères 6 et 8 correspondent au bouton d'appel extérieur de l'ascenseur, le repère 2 est le bouton de commande de montée et de descente à l'intérieur de la cage et enfin, le détecteur de dégagement de la porte est repéré par le numéro 5.

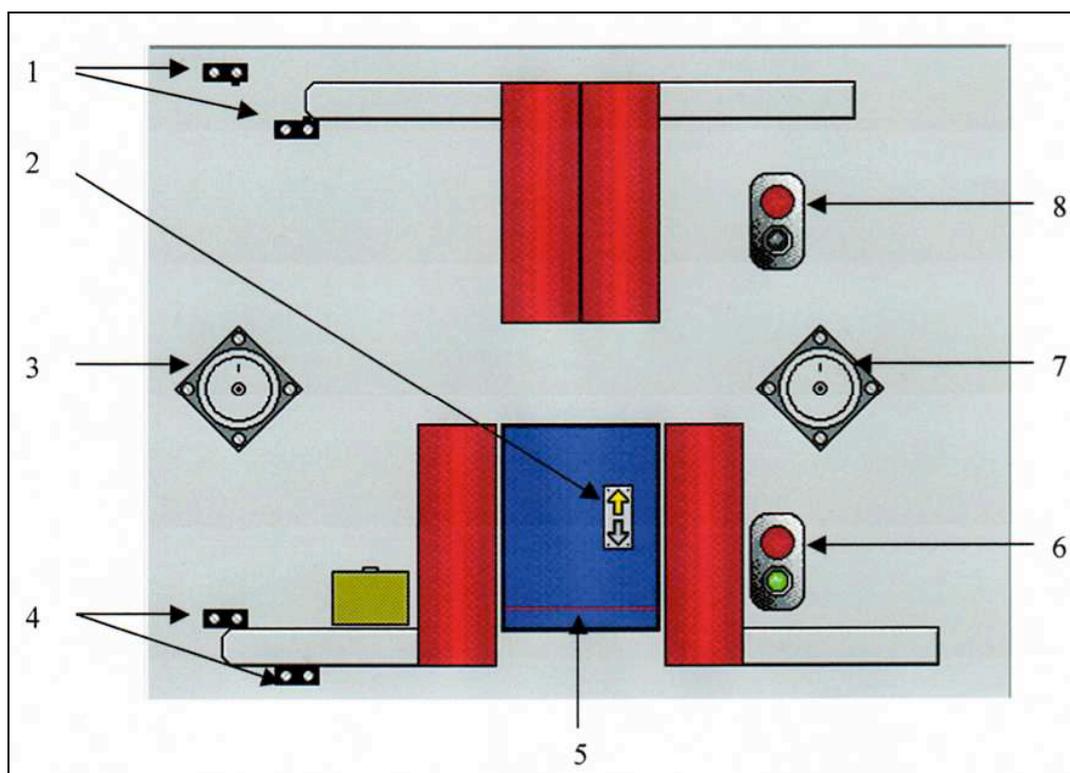


Figure 4. Maquette virtuelle Ascenseur

Comme sur la maquette physique, les choix de représentation des éléments du système, notamment les moteurs et les capteurs de fin de course, ne favorisent pas leur identification par les élèves. La partie correspondant au contact sur ces capteurs est très peu visible. Nous retrouvons sur l'écran de simulation en particulier la question de l'emplacement symétrique des moteurs (3 et 7) qui peut empêcher d'associer le moteur à sa fonction (tâche 2). Par contre, la matérialisation par un trait rouge de la détection de présence à la porte devrait permettre une meilleure appréhension de ce capteur (tâche 3)

Le matériel a été choisi pour les raisons indiquées précédemment mais ces remarques sur la maquette et sa simulation virtuelle laissent présager une mise en difficulté des élèves. En effet, il est à prévoir que ceux-ci auront du mal à reconnaître les éléments qu'ils doivent identifier et associer aux événements attendus dans le fonctionnement du système étudié.

Cependant, il faut tenir compte du fait que les élèves ont déjà étudié ce même système en première séance avec la vidéo et qu'ils sont des utilisateurs de ce système dans leur vie quotidienne. Ceci peut avoir un effet sur leur activité dans la réalisation des tâches demandées.

Observations recueillies

Pour chaque tâche, nous présentons les observations recueillies à partir des fiches élèves.

Pour la tâche 1, Observer et décrire le fonctionnement du système, on constate une certaine homogénéité des résultats obtenus quel que soit le support d'apprentissage.

Groupe 1 (maquette virtuelle)

Nous constatons que les élèves ont tendance à occulter la chaîne de traitement de l'information et à prendre en compte principalement dans leur description les réactions du système en réponse à leurs propres actions. Par exemple, ils prennent le bouton d'appel de l'ascenseur pour un simple interrupteur qui ouvrirait directement les portes.

Les élèves ont focalisé leur attention sur le système de sécurité matérialisé sur la simulation par un trait rouge. Si 39% des élèves ont cité la sélection d'un étage de destination par un bouton poussoir en forme de flèche, seul 4% d'entre eux ont su relever la présence d'un signal lumineux indiquant l'étage de destination possible.

Groupe 2 (maquette physique)

Il est à noter que la sélection de l'étage de destination sur la maquette physique s'opère à l'aide d'un simple bouton poussoir situé à l'intérieur de la cage sans indication lumineuse, ce qui peut expliquer l'absence de réponses sur ce point.

Les résultats semblent mettre en avant deux faits particulièrement intéressants, à savoir, l'absence totale de commentaires sur le système de sécurité et la présence d'observations sur la fermeture temporisée des portes. Aucun élève n'a, à cette étape de l'expérimentation, perçu le fonctionnement de la cellule infrarouge présente dans la cage d'ascenseur. Il semblerait que par le biais de la maquette physique les élèves soient plus à même d'apprécier les actions en rapport avec le temps.

Pour la tâche 2, Expliquer le rôle des éléments numérotés, sur les deux groupes, on note une disparité importante des résultats en fonction des supports.

Groupe 1

Le faible pourcentage de réponses proches de nos attentes pour le rôle des fins de course (4%) semble en phase avec le faible pourcentage de réponses concernant le rôle du moteur de montée/descente de la cage (39%) et d'ouverture/fermeture (31%) des portes. Comme nous le pensions, la représentation graphique des moteurs, particulièrement éloignée de la réalité (un cercle avec une aiguille qui tourne), trompe les élèves. Le rôle attribué par les élèves aux capteurs de fin de course est totalement éloigné de la réalité. Ces éléments ne faisant pas partie de leur quotidien, les élèves tentent de les rattacher à des objets qu'ils connaissent. Certains les ont d'ailleurs identifiés comme des cassettes vidéo (similitude de forme et de couleur). Ils sont plus de deux tiers à penser que les détecteurs de fin de course sont présents pour permettre aux portes de coulisser, et que les moteurs sont là pour indiquer soit une unité de temps, soit une direction. Plus de la moitié des élèves ont correctement identifié (57%) le faisceau lumineux matérialisé par un fil rouge. Au vu des remarques entendues lors de l'expérimentation, comme nous le pensions, les élèves ont rapproché davantage cette question de la vidéo vue auparavant que de ce support d'étude.

Groupe 2

A cette étape de l'observation, ce support ne semble pas avoir facilité la compréhension du rôle des différents éléments, comme en témoigne l'absence de réponses. Seul le fonctionnement du bouton poussoir d'appel de l'ascenseur a été décrit.

Comme prévu, nous nous interrogeons sur la forme et la disposition des éléments choisies par le fabricant pour cette maquette. En particulier, la forme des moteurs qui a fait penser à des piles électriques comme ont pu le signaler certains élèves.

Dans la tâche 3, bien que la question ait semblé redondante pour la majorité des élèves confrontés à la simulation, celle-ci a pu éveiller la curiosité des élèves confrontés à la maquette et leur permettre à présent de percevoir le fonctionnement du système de sécurité.

Dans la tâche 4, les élèves avaient à nommer les éléments dont le rôle avait été identifié précédemment. Elle ne semble pas avoir posé de problème particulier et a permis à certains de clarifier le fonctionnement du système observé.

En conclusion des ces observations, nous pouvons évidemment noter qu'il n'y a pas un support plus adapté que l'autre. Avec la maquette choisie, le support physique n'est pas plus à privilégier que le support virtuel, et inversement. Néanmoins, ces résultats sont à relativiser compte tenu du nombre d'élèves observés et surtout de la seule maquette utilisée.

Si, comme nous l'avons avancé au départ, c'est cette relation qui permet une meilleure compréhension du fonctionnement des systèmes et ainsi de développer la compréhension de ces objets particuliers, il convient de regarder au plus près ces différents types de supports d'enseignement. Il nous faut donc maintenant approfondir notre réflexion et prolonger notre travail.

Projets de travaux

Ces observations orientent notre travail vers les questions de modélisation et de transposition didactique. La maquette n'est pas seulement un modèle réduit du système réel, elle doit être une véritable reconstruction du système en vue de son utilisation dans une situation d'enseignement-apprentissage en classe.

Alors quels choix peuvent être faits dans l'élaboration de ces maquettes ainsi que dans les logiciels qui les pilotent ? Quels processus de transformation des connaissances liées à cet objet de savoir particulier, le système automatisé, doit-on mettre en œuvre ?

Dans cette préoccupation-là, très peu de travaux portant sur ces environnements d'apprentissage que sont les maquettes utilisées en technologie au collège sont réalisés (Bedart-Naji, 1995 ; Leroux, 1995, 2002).

Pour conduire notre réflexion, nous nous appuyerons notamment sur les travaux portant sur la transposition didactique (Chevallard, 1985 ; Johsua & Dupin, 1993), sur la modélisation (Martinand, 1994 ; Weil-Barais, 1997) et sur les travaux en didactique des enseignements technologiques (Ginestié, 1992, 1995, 1999, 2002 ; Martinand, 1989).

Nos projets vont se développer dans deux directions différentes qui se rejoignent dans l'utilisation des maquettes.

Un premier travail portera sur un environnement particulier d'enseignement, il s'agit de *Roboteach* (Leroux, 1993). Cet environnement a été proposé aux enseignants de technologie. Nous allons regarder notamment si tous les enseignants qui ont choisi de l'utiliser ont continué ou non à le mettre en œuvre. Nous demanderons pourquoi ils l'ont abandonné. Nous étudierons particulièrement dans quelles situations scolaires et pour quelles tâches ils l'ont utilisé au départ. S'il y a évolution dans cette mise en œuvre, nous les questionnerons sur les raisons de ces changements.

Un second travail, qui prolonge l'étude de 2007 qui vient d'être présentée, est à mener en élargissant à d'autres observations portant sur la comparaison de systèmes réels ou virtuels (Ginestié, 2004), pour des systèmes différents, avec des maquettes réelles différentes (modulaires, autres), des maquettes virtuelles ou de véritables logiciels de simulation encore peu utilisés à ce niveau d'enseignement. Ce second travail est situé dans une approche tâche - activité et soulèvera aussi la question de l'instrumentation de ces artefacts particuliers (Rabardel, 1993, 1995 ; Vérillon, Leroux & Manneux 2005).

Références bibliographiques

Aravecchia, L. (2000). *Une approche didactique des conditions d'enseignement des systèmes automatisés au collège*. Mémoire de DEA, Université de Provence, Aix-en-Provence.

Bédart-Naji, E. (1995). *Quelques problèmes posés par les apprentissages en technologie*. Thèse de Doctorat en sciences de l'éducation, Université Paris V, Paris.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée sauvage.

Ginestié, J. (1992). *Contribution à la didactique des disciplines technologiques : acquisition et utilisation d'un langage d'automatisme*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université de Provence, Aix-en-Provence.

Ginestié, J. (1995). Vers une éducation technologique pour tous : les savoirs en jeu dans les disciplines technologiques, quelques éléments sur la constitution d'un enseignement de la technologie. *Skholê*, 3, 25-42.

Ginestié, J. (1999). *Contribution à la constitution de faits didactiques en éducation technologique*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation, Université de Provence, Aix-en-Provence.

Ginestié, J. (2002). The industrial project method in french industry and in french school. *International Journal of Technology and Design Education*, 12(2), 99-122.

Ginestié, J. (2004). Réel et virtuel : une histoire de représentations. *Education technologique*, 24, 4-8.

Janin-Gadoux, R. & Priou, J.C. (2007). Maquette ou simulation dans l'unité « Pilotage par ordinateur » en technologie en classe de cinquième. Mémoire professionnel, I.U.F.M. Aix-Marseille.

Johsua, S. & Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses Universitaires de France.

- Leroux, P. (1993). Roboteach : un générateur de sessions pédagogiques. In B. Denis & G. Baron (Eds.), *Regards sur la robotique pédagogique* (135-145). Liège : Editions de l'Université de Liège.
- Leroux, P. (1995). *Conception et réalisation d'un système coopératif d'apprentissage – Etude d'une double coopération : maître/ordinateur et ordinateur/groupe d'apprenants*. Thèse de doctorat en informatique de l'Université Paris 6, Paris.
- Leroux, P. (2002). *Machines partenaires des apprenants et des enseignants. Etude dans le cadre d'environnements supports de projets pédagogiques*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches en Informatique, Université du Maine, Le Mans.
- Martinand, J.L. (1989). Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels. *Les Sciences de l'Education*, 2, 23-29.
- Martinand, J.L. (1995). Rudiments d'épistémologie appliquée pour une discipline nouvelle : La technologie. In M. Develay (Ed.), *Les savoirs scolaires et didactique des disciplines* (pp. 339-352). Paris : éditions ESF.
- Ministère de l'éducation nationale (1997). Programmes du cycle central ; *Bulletin officiel hors série n° 1 du 13 février 1997*.
- Rabardel, P. (1993). Micro-genèse et fonctionnalité des représentations dans une activité avec instrument. In A. Weill-Fassina, P. Rabardel & D. Dubois (Eds.), *Représentations pour l'action* (113-137). Toulouse : Octares.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies ; approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Vérillon, P., Leroux, P., & Manneux, G. (2005). Activités productives et processus constructifs: Les activités scolaires de production peuvent-elles être source de construction pour les élèves ? *Aster*, 41, 3-26.
- Weil-Barais, A. (1997). De la recherche sur la modélisation à la formation des professeurs de physique : Comment s'opère la transition ? *Skholé*, 7, 141-155.

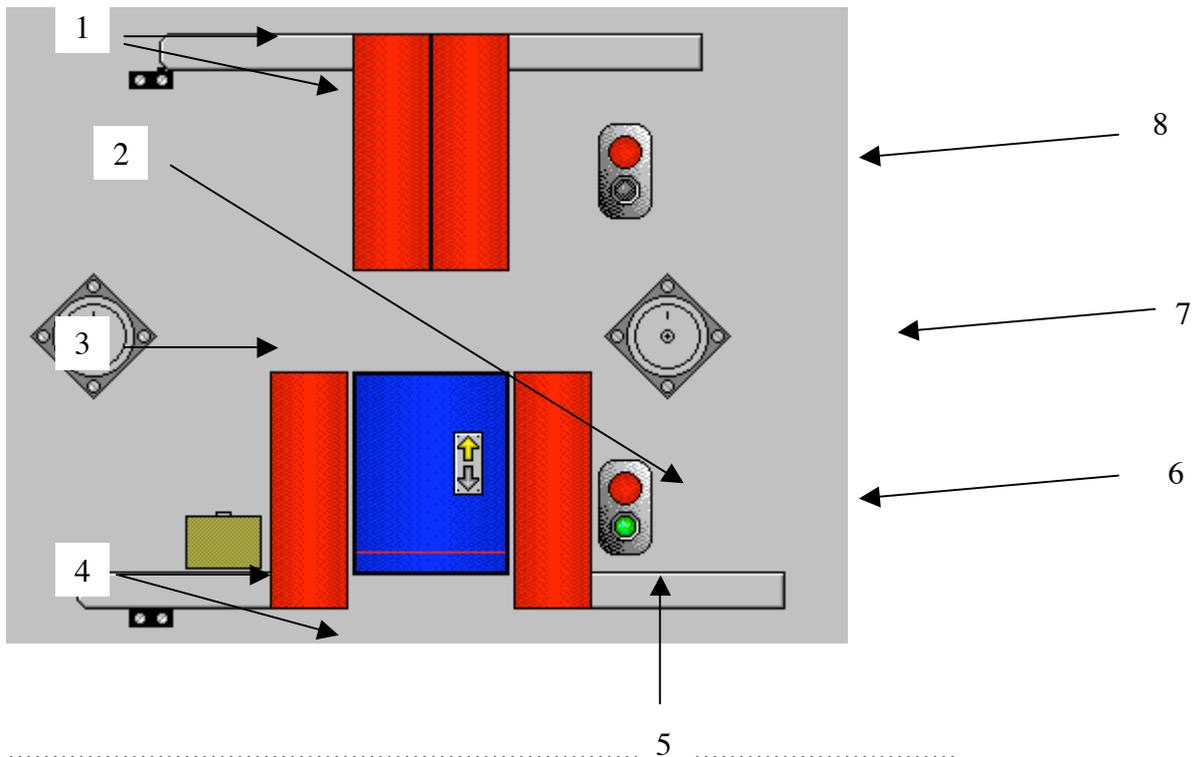
Annexe (Fiches élèves)

TECHNOLOGIE	L'ASCENSEUR	5PAO2-E1
-------------	-------------	----------

1. Observe bien le fonctionnement du système que tu as devant toi et explique le ci-dessous :

.....
.....
.....
.....
.....

2. Explique brièvement à quoi servent les éléments repérés sur le dessin ci-dessous (dessin représentant la maquette) :



.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Crois tu qu'il soit possible de rester coincé entre les deux portes de l'ascenseur ? Pourquoi ?

.....

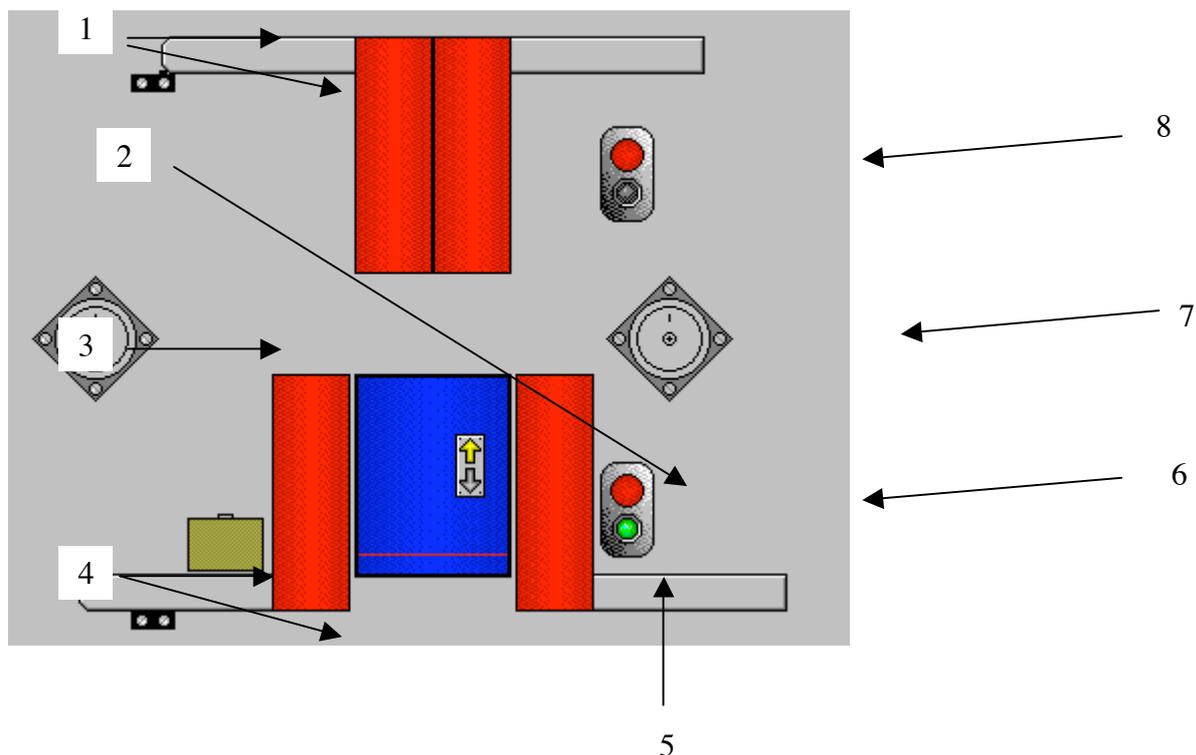
.....

.....

.....

.....

4. Les éléments de la maquette sont repérés par des numéros. Tu dois associer à chacun d'eux la désignation de l'élément représenté.



N°	Désignation de l'élément
1	Moteur de commande d'ouverture et de fermeture des portes, niveau 0 et niveau 1
2	Moteur pour montée et descente de la cage
3	Bouton d'appel extérieur, niveau 1
4	Bouton d'appel extérieur, niveau 0
5	Détecteur par rayon lumineux de dégagement du seuil de la porte.
6	Boutons de commande de montée et de descente de la cage
7	Fins de course pour détection d'ouverture et fermeture des portes niveau 0
8	Fins de course pour détection d'ouverture et fermeture des portes niveau 1

Regards croisés de deux manuels de technologie : en Italie et en France

Isabelle Corréard

• Equipe Gestepro, U.M.R. A.D.E.F., Université de Provence
i.correard@aix-mrs.iufm.fr

Résumé

Ce travail s'inscrit dans une recherche sur la comparaison des organisations de l'étude de l'éducation technologique dans différents pays européens, dans l'enseignement secondaire inférieur. L'enseignement de la technologie est présent dans de nombreux systèmes scolaires en tant qu'enseignement général obligatoire. Pour autant, et malgré des finalités sensiblement identiques, déterminer si la culture technologique est proche ne semble pas une évidence. La contribution se propose de mettre en regard une thématique commune, les transports, dans deux manuels de technologie, l'un italien et l'autre français. En Italie, cette question est objet d'enseignement alors qu'en France elle est un prétexte pour faire fonctionner un cadre d'étude. Nous nous questionnerons sur les savoirs proposés, le choix et la nature des illustrations ainsi que la juxtaposition des documents, des exercices et de l'iconographie.

Mots clés

Comparaison – Education technologique – Manuel scolaire français – Manuel scolaire italien

Abstract

The goal of this research is to compare technical education in secondary school of various European countries. The study of technology is present in numerous educational systems and is often included in the mandatory syllabus. Even with a common perspective, determining the similarities of the technological culture is neither an obvious nor an easy task. This study uses as an example a common theme, transportation, in two technological school manuals/books, Italian and French. In Italy, Transportation is considered as a separate subject, whereas in France it is used to trigger a study case. We will look at the knowledge brought, the choice and the nature of the illustrations, as well as the order of the documents, exercises and icons in the two systems.

Key Words

Comparison – French schoolbook – Italian schoolbook – Technological education

L'éducation est inextricablement liée à la société : elle évolue avec celle-ci. Ainsi, dans un monde où de nombreux aspects de la vie quotidienne dépendent de plus en plus des sciences et de la technologie et de leurs applications, développer une culture scientifique et technologique est indispensable. Les pays européens s'attachent avec toujours plus d'attention à identifier les connaissances, les savoir faire, les compétences qui permettront à leurs citoyens de jouer un rôle actif dans la future société mue par le savoir et la connaissance. Ainsi, l'efficacité de l'enseignement de base à préparer les jeunes à une intégration personnelle, économique et sociale réussie ne cesse d'être remise en question. Le contenu des programmes, les méthodes pédagogiques et la durée de l'enseignement obligatoire sont les points de départ des différentes réflexions.

L'enseignement de la technologie est présent dans de nombreux systèmes scolaires en tant qu'enseignement général dans la scolarité obligatoire. Pour autant, et malgré des finalités sensiblement identiques dans les divers pays, déterminer si la culture technologique des élèves à la fin de la scolarité obligatoire est proche ne semble pas une évidence. Ce travail s'inscrit dans une recherche sur la comparaison d'organisations curriculaires de l'éducation technologique dans différents pays européens. Une première approche (Corréard, 1999) a consisté à s'appuyer sur les résultats d'un même questionnaire administré auprès d'élèves de l'enseignement secondaire inférieur et ce dans plusieurs pays : Angleterre, France et Pays-Bas. Le questionnement portait sur deux axes :

les attitudes des élèves envers la technologie et les concepts technologiques. Les élèves devaient se positionner sur une échelle graduée entre deux extrêmes (tout à fait d'accord à vraiment pas d'accord). Les conclusions ont essentiellement montré que l'outil utilisé ne permettait pas une réelle comparaison de la culture technologique des élèves : en effet, il s'agissait plutôt d'une enquête d'opinion que d'une réelle étude comparative. A cela, s'ajoutaient les difficultés liées aux traductions et donc aux interprétations aussi bien des questions que des réponses. De même, les facteurs socioculturels biaisaient en partie les résultats et faussaient ainsi la comparaison. Dans un deuxième temps (Corréard, 2001), la comparaison a consisté à s'appuyer sur les tâches données aux élèves, dans le cadre d'une thématique commune. L'analyse a révélé que des formes très prototypiques des organisations de l'étude existaient sans pour cela déterminer exactement les apprentissages des élèves et la définition d'une éducation technologique (Ginestí, 2003). La comparaison des programmes scolaires est particulièrement délicate. Derrière des mêmes intitulés, les contenus varient. Dans un souci de déterminer des éléments de comparaison, nous avons ainsi fait le choix, dans cette nouvelle étape de notre réflexion, de privilégier une nouvelle approche : les manuels scolaires de technologie.

Contexte

L'organisation (Tableau 1) du système éducatif italien est très proche du système français et d'autres pays européens. L'enseignement obligatoire constitue le premier cycle de l'enseignement. Il s'articule en deux parcours scolaires obligatoires : l'école primaire (*scuola primaria*), d'une durée de cinq ans (6 à 11 ans) et l'école secondaire du premier degré (*scuola secondaria di primo grado*), d'une durée de trois ans qui accueille des élèves de 11 à 14 ans. Le second cycle italien (*Scuola secondaria di secondo grado*) comprend les lycées d'enseignement général, les lycées artistiques et les instituts d'art, les instituts techniques et les instituts professionnels. La durée des études qui est de cinq ans concernent les élèves âgés de 14 à 19 ans.

En France, l'instruction est obligatoire de 6 à 16 ans. L'enseignement primaire est composé de deux niveaux : le niveau maternel (non obligatoire) et le niveau élémentaire. Celui-ci est obligatoire, d'une durée de cinq ans et accueille des élèves de 6 et 11 ans. L'enseignement secondaire comprend le collège et le lycée. Seul l'enseignement au collège est obligatoire. Il dure quatre ans, dans les classes de sixième, cinquième, quatrième et troisième et reçoit des élèves de 11 à 15 ans. L'élève peut ensuite poursuivre sa scolarité soit au lycée général et technologique (trois ans d'études), soit au lycée professionnel (quatre ans d'études).

Tableau 1. Mise en relation des systèmes éducatifs français et italien

Age	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
France	Ecole primaire					Collège				Lycée			
Classe	CP	CE1	CE2	CM1	CM2	6	5	4	3	2	1	Term	
Italie	Scuola primaria					Secondaria			Liceo				
Classe	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5
Age	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

CP : cours préparatoire ; CE : cours élémentaire ; CM : cours moyen ; Term : classe terminale

Secondaria : scuola secondaria di primo grado

Notre travail s'intéresse plus particulièrement à l'enseignement secondaire inférieur, la *scuola secondaria di primo grado* pour l'Italie, ce qui correspond au collège en France.

L'enseignement obligatoire se conclut en Italie par le passage de la *licenza media*, diplôme indispensable pour passer au *liceo* (enseignement secondaire supérieur). En France, Le diplôme national du brevet sanctionne la formation acquise à l'issue de la scolarité suivie au collège. Il n'est pas exigible pour entrer en classe de seconde.

Comme en France, les programmes scolaires italiens sont nationaux mais les établissements sont largement autonomes au niveau de leur organisation et de leur programmation. Les instructions officielles italiennes sont écrites pour les trois années de la scolarité alors qu'en France, les instructions officielles sont annuelles.

L'enseignement de la technologie comme composante de l'enseignement obligatoire est présent dans les deux pays.

Les références

Les programmes et instructions officiels ne sont pas les seules références utilisées par les enseignants. Parmi les nombreuses ressources à leur disposition, les manuels scolaires sont vraisemblablement une source largement sollicitée. C'est pourquoi nous nous penchons sur les manuels d'éducation technologique.

Le manuel est beaucoup étudié sur le plan de son évolution historique ou de ses caractéristiques. Le manuel scolaire véhicule des informations porteuses de valeurs, d'idéologies, le plus souvent implicites. (Assude & Margolinas, 2005 ; Choppin, 1992). Et, comme le souligne Lebrun, Bédard, Hasni et Grenon (2006), le manuel

scolaire occupe « une triple position de jonction : d'abord entre la demande sociale, l'éducation et l'édition ; puis entre le curriculum formel et le curriculum réel ; finalement, selon l'usage auquel on le destine, entre l'enseignement et l'apprentissage ». Ainsi, nous pouvons nous poser la question suivante : quelle culture technologique est véhiculée dans les manuels de technologie et plus particulièrement en France et en Italie ? Mais comment qualifier cette éducation technologique ?

Sur le plan international, plusieurs auteurs ont essayé de caractériser les savoirs enseignés en technologie. Nous interrogerons le modèle proposé par de Vries (1995) qui s'appuie sur le fait qu'il existe un lien très fort entre la manière de caractériser la technologie et les différentes approches que l'on peut trouver en matière d'éducation technologique. Cet auteur retient cinq caractéristiques principales :

- la technologie comme activité humaine ;
- la technologie comme transformations des matériaux, de l'énergie et de l'information ;
- la science comme ressource de la technologie ;
- la technologie comme processus de conception, de fabrication et d'utilisation ;
- la technologie comme facteur d'influence de la société.

A partir de là, il qualifie les enseignements selon huit approches :

- l'approche selon le point de vue professionnel ;
- l'approche selon le point de vue de la production industrielle ;
- l'approche high-tech ;
- l'approche sciences appliquées ;
- l'approche par le concept d'ingénierie ;
- l'approche par la conception ;
- l'approche par les niveaux de qualification ;
- l'approche par les sciences et techniques sociales.

Ce point de vue descriptif qui s'attache beaucoup plus à classer les prescriptions curriculaires qu'à décrire les fonctionnements réels et les pratiques de classe est une entrée possible pour interroger les manuels scolaires. Ginestié (1999) propose de regrouper ces huit approches en quatre courants car il y note quelques redondances :

- premier courant : la fabrication d'ouvrages ;
- second courant : la confrontation de l'élève à des objets techniques ;
- troisième courant : le monde du travail et son organisation sociale ;
- quatrième courant : le mode d'existence des objets techniques.

Nous pouvons également citer l'ouvrage de Theuerkauf, Graube et Dyrenfurth (2003) qui, en conclusion, énonce cinq types d'éducation technologique :

- une technologie centrée sur les sciences de l'ingénieur avec des visées valorisant la connaissance des principes et des phénomènes, la pensée systémique, la préparation des études d'ingénieur ;
- une technologie du travail et de la production, de la mise en œuvre avec des objectifs centrés sur le processus, l'environnement économique, une attitude positive et la préparation à l'emploi technique ;
- une technologie créatrice ou inventrice (Design) avec des objectifs centrés sur le développement de la créativité et la résolution de problèmes ;
- une technologie orientée théorie des systèmes et analyse fonctionnelle ; matière, énergie, information ; liens avec mathématiques, sciences de la nature et T.I.C.E. ;
- une technologie conçue sur les relations avec les sciences de la nature (sciences appliquées), analyse d'objets techniques ; sciences et technologie.

Ces trois classifications ne sont ni opposables ni contradictoires mais montrent bien la difficulté de qualifier et comparer les conceptions des différents pays en raison de leur histoire, de leurs contextes socio économiques et des choix politiques d'autant plus qu'une éducation technologique ne s'inscrit jamais totalement dans l'une ou l'autre caractéristique. Du point de vue de notre travail d'analyse, nous nous appuyons sur la catégorisation de Ginestié (1999) pour qualifier les orientations prises dans les deux manuels scolaires.

Les manuels scolaires, support de l'étude

Nous avons sélectionné une seule série de manuels de technologie dans chaque pays : les manuels diffusés par les éditions *Lattès* en Italie et ceux des éditions *Delagrave* en France.

En Italie, six manuels couvrent le programme de technologie de la *scuola secondaria di primo grado*. Chaque manuel est élaboré autour de thématique : *disegno* (dessin technique), *tavole per el disegna* (ensemble de fiches exercices du volume précédent), *settori produttivi* (les secteurs de production), *laboratorio* (activités fabricatoires), *energia* (les énergies) et un dernier volume consacré à l'informatique. En France, nous avons quatre manuels c'est à dire un pour chaque classe du collège : 6^o, 5^o, 4^o et 3^o. Cette différence s'explique par l'écriture même des instructions officielles dans les deux pays, annuelle (c'est-à-dire pour chaque année d'enseignement) en France et pour les trois années en Italie. Dans cette contribution, nous aborderons une thématique commune dans les instructions officielles et donc dans les manuels : les transports.

Néanmoins, il est nécessaire de présenter brièvement les deux ouvrages.

Le thème des transports dans le manuel italien settori produttivi

Le volume B *settori produttivi* est composé de neuf parties : les matériaux, l'agriculture, la biotechnologie, l'hygiène alimentaire, l'habitat, les transports, l'éducation routière, l'environnement et le travail. Les parties ont toutes la même architecture. La première page annonce les pré-requis et les objectifs sur le thème. Les textes sont illustrés de dessins, de schémas et de photographies. Des encadrés sur fond de couleurs apportent des approfondissements sur certains points. Chaque partie se termine d'une part sur des activités sous forme de recherche permettant la constitution de dossiers et d'autre part sur une page d'évaluation sous la forme d'une liste de questions. Un glossaire clôt l'ouvrage. Un cdrom d'exercices accompagne le manuel.

La partie sur les transports est subdivisée en cinq chapitres : généralités sur les transports, le transport routier, le transport ferroviaire, le transport maritime et le transport aérien. Les pré-requis de cette partie sont :

- posséder des connaissances élémentaires relatives aux moyens de transports ;
- posséder des connaissances élémentaires relatives aux infrastructures : routes, chemins de fer, ports et aéroports ;
- connaître les principes fondamentaux de l'écologie ;
- avoir quelques bases sur les schémas de fonctionnement.

Les objectifs sont énoncés comme suit :

- connaître les grandes généralités sur le système des transports en Italie ;
- connaître les caractéristiques du réseau routier, du réseau ferroviaire, des ports et des aéroports ;
- connaître la structure et le fonctionnement des principaux moyens de transport : bicyclette, cyclomoteur, automobile, train, bateau, avion ;
- savoir analyser l'influence des transports sur l'environnement ;
- comprendre et savoir utiliser le vocabulaire spécifique lié aux transports.

Le thème des transports dans le manuel français

En France, l'idée directrice de l'enseignement de la technologie en 6^o est la compréhension d'objets ou de produits simples et l'enseignement s'articule autour d'un thème central : les transports. « L'élève doit avoir, dans des situations simples, des éléments de réponse aux questions : à quoi sert un objet technique ? Comment un objet technique fonctionne-t-il ? Comment réalise-t-on un objet technique ? ». L'objet technique est « examiné à partir d'une démarche d'investigation portant sur le fonctionnement, les matériaux, les énergies, l'évolution historique et la réalisation » (B.O.E.N. n° 3 du 20 janvier 2005).

Le manuel scolaire de sixième est organisé autour de cinq parties qui correspondent aux cinq regards portés sur l'objet technique comme cela est précisé dans les instructions officielles. Chaque partie est subdivisée en chapitres dont la première page énonce les compétences attendues dans un encadré intitulé Ce que vous allez apprendre à faire. Par exemple, dans le chapitre 3 Le fonctionnement d'un objet technique, les élèves devront savoir :

- associer l'objet réel et ses éléments à une représentation ;
- identifier les principaux éléments constituant l'objet ;
- identifier les fonctions techniques qui assurent la fonction d'usage ;
- identifier les éléments réalisant une fonction technique ;
- représenter le fonctionnement observé.

De nombreux schémas, dessins, photographies viennent agrémenter les textes et sont les supports de questionnement. En fin de chapitre, d'une part, une page bilan reprend les connaissances du programme à acquérir et d'autre part deux pages d'exercices regroupés en trois rubriques : Je teste mes connaissances, J'applique mes connaissances et enfin J'utilise un ordinateur.

Une sixième partie sous forme de six fiches résume ce que les élèves doivent savoir faire avec un ordinateur. En fin d'ouvrage, des annexes techniques sont positionnées comme des aides et non pas des connaissances à apprendre. Enfin, le manuel se termine avec un extrait du programme officiel et un index alphabétique.

La confrontation aux courants élaborés par Ginestier (1999) du thème des transports choisi par les deux pays et donc par les manuels comme élément constitutif de l'éducation technologique montre que la thématique appartient à deux registres différents. La vision française appartient au second courant « la confrontation de l'élèves à des objets techniques » alors que la vision italienne serait plus de l'ordre du quatrième courant, c'est dire « le mode d'existence des objets techniques ». Mais cela reste du domaine des généralités et pour rendre compte à la fois des similitudes et des différences, nous avons choisi de faire un zoom sur les illustrations choisies par les auteurs et les éditeurs.

Le TGV dans les deux manuels

A ce niveau du travail, il est intéressant de regarder de plus près l'iconographie et ce qu'elle peut nous apprendre. En Italie comme en France, les illustrations sont nombreuses et variées. Elles se présentent sous la forme de schémas, d'éclatés¹, de photographies. Prenons un exemple dans chacun des deux manuels :

Dans le manuel italien en page 187 (Figure 1), nous trouvons l'éclaté d'un train à grande vitesse dans un encadré intitulé Approfondissement.

Cet éclaté est légendé : *linea aerea di alimentazione* (alimentation électrique aérienne ou caténaire), *pantografo* (pantographes), *cabina di guida* (cabine de conduite), *automotrice* (automotrice), *antenna* (antenne), *carrello anteriore* (train avant), *unità motrice* (moteur), *trasformatore principale* (transformateur principal), *compressore dell'aria* (compresseur), *scomparto bagagli* (espace ou compartiment à bagages), *carrozza viaggiatori* (voiture ou espace voyageurs). Aucun texte n'accompagne cet éclaté ni aucune activité n'est proposée. Néanmoins, en fin de chapitre sur la page évaluation, une question est posée aux élèves : *quelles sont les caractéristiques du train à grande vitesse ?*

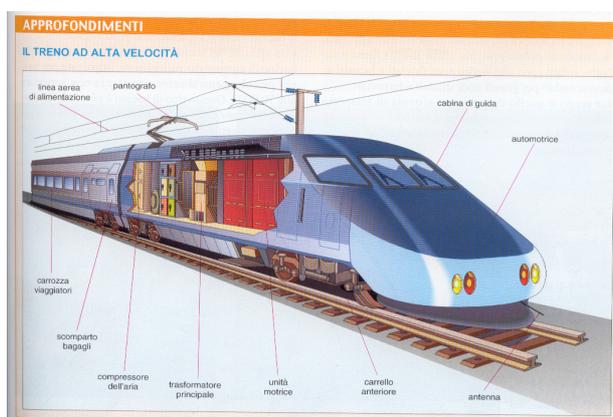


Figure 1. Eclaté du TGV dans le manuel italien (p. 187)

Dans le manuel français, en page 12 (Figure 2), nous trouvons également le schéma d'un train à grande vitesse dans un encadré intitulé Doc. 2 : le principe de fonctionnement d'un train. Une légende complète le schéma : *alimentation électrique, pantographes, locomotive (produit l'énergie motrice ou motorisation), wagons tractés par la locomotive, roues (roulage), rails guidant le train (guidage)* tout comme on peut noter la présence d'un sous titre : *Principe de fonctionnement d'un train tracté par une locomotive électrique*. Sur la même double page, un questionnement est proposé à l'élève. Concernant ce document 2, nous en relevons trois : *Relevez les éléments qui assurent la liaison du train avec le sol ; Déterminez les éléments qui permettent au train d'avancer ; Réalisez le schéma permettant d'illustrer le principe de fonctionnement d'un train*. La page bilan reprend la définition du principe de fonctionnement d'un objet technique « le principe de fonctionnement général d'un moyen de transport se caractérise par la manière dont il se maintient (sustentation), l'énergie qui lui permet de se déplacer (motorisation) et le moyen par lequel il est guidé (guidage) ». Dans le paragraphe Je teste mes connaissances, de la page Exercices, le point 4 demande entre autre *d'identifier le principe de fonctionnement d'un train type TGV*.

¹ Eclaté : dessin ou vue qui représente, généralement en perspective, les différentes parties d'un ensemble dans leurs dispositions relatives, mais en les dissociant clairement.

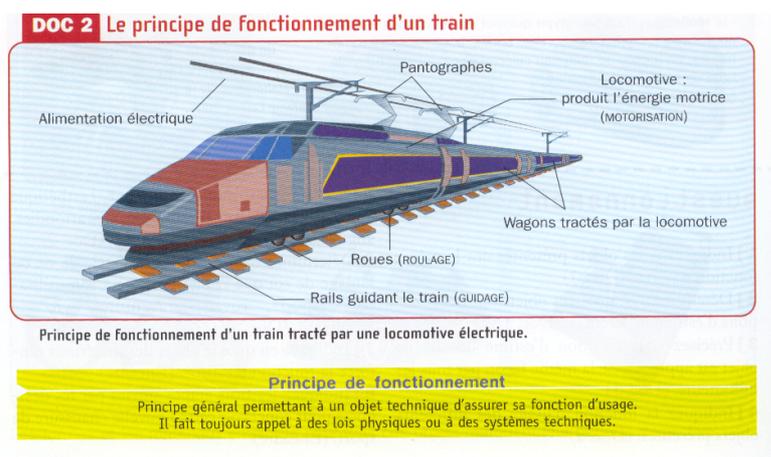


Figure 2. Eclaté du TGV dans le manuel français (p. 12)

Nous voyons par cet exemple, qui n'est pas isolé, que les auteurs des deux manuels ont choisi sensiblement la même illustration, agrémentée d'une légende similaire. Dans le manuel italien, un des objectifs annoncé est *connaître la structure et le fonctionnement des principaux moyens de transports : [...], train, [...]*. D'une part, le manuel ne nous permet pas de dire comment l'enseignant organise sa situation d'enseignement apprentissage pour permettre à l'élève d'atteindre l'objectif. D'autre part, l'éclaté du train étant dans un encadré intitulé Approfondissement, nous sommes amenés à dire que ce pourrait être un contenu facultatif mais qui est néanmoins évalué ! Le questionnement dans le manuel français est quant à lui, très guidé ce qui s'explique en partie par des instructions officielles de type très prescriptif. Néanmoins, une logique existe entre la partie documents et la partie évaluation. En faisant fonctionner notre grille d'analyse, nous voyons que le choix du schéma d'un train à grande vitesse s'inscrit dans le second courant ce qui dénote une certaine cohérence dans le manuel français mais qui l'est beaucoup moins dans le manuel italien. Ce constat n'est pas là pour déterminer que l'un des manuels est meilleur que l'autre mais plutôt pour pointer l'absence de réelle référence à des savoirs identifiés et donc la difficulté de qualifier l'éducation technologique.

Conclusion

Dans cette contribution, le contexte d'enseignement dans la classe n'est pas pris en compte ; le manuel scolaire est abordé comme un des indicateurs des savoirs enseignés et des représentations produites du savoir, support de notre comparaison. Nous avons vu que la question du savoir à transmettre en éducation technologique est délicate et ambiguë. Selon Brandt-Pomares (2003), quelles que soient leur légitimité et leur sphère d'élaboration, la difficulté qu'il y a à les identifier voire à les construire, les savoirs de références doivent être transposés dans le système scolaire puis dans la classe, dès lors qu'il y a une décision des les transmettre. Le processus de transposition didactique peut s'appliquer à d'autres savoirs que les savoirs savants qui ne constituent pas la seule référence légitime de l'enseignement scolaire.

En Italie, le thème des transports est objet d'enseignement à part entière avec des savoirs propres. Il est l'occasion de faire réfléchir les élèves, non seulement sur les moyens de transports et leur fonctionnement, mais également sur leur impact concernant l'environnement et les incidences socio économiques qu'ils ont sur le pays. La technologie est ainsi vue comme facteur d'influence de la société.

En revanche, en France, le thème des transports est un prétexte pour faire fonctionner un cadre d'étude des objets en prenant comme exemple ceux qui permettent de transporter les personnes ou les marchandises. Aucun savoir n'est donc associé au thème des transports même si dans l'introduction des instructions officielles il est précisé que « l'école puis le collège doivent préparer les élèves à utiliser de façon éclairée et responsable, en tant qu'usagers et en tant que citoyens, les multiples ressources qu'offre la technologie, mais aussi à prendre conscience des enjeux qu'elle soulève ». Ce même argument est également présent dans les finalités « l'enseignement de la technologie permet à l'élève [...] d'appréhender les interactions entre les produits conçus et réalisés par l'homme et leur environnement physique et humain dans un monde où la sécurité, l'ergonomie et l'impact environnemental deviennent déterminants ». La technologie est abordée comme une suite d'activités, comme une science appliquée, les élèves étant plus des manipulateurs d'objets ou de systèmes que des futurs citoyens capables de penser par eux-mêmes. C'est une technologie très orientée, très mécaniste.

Références bibliographiques

- Assude, T. & Margolinas, C. (2005). Aperçu sur les rôles des manuels dans la recherche en didactique des mathématiques. In E. Bruillard (Ed.), *Manuels scolaires, regards croisés* (pp. 12-15). Caen : C.R.D.P. de Basse-Normandie.
- Brandt-Pomares, P. (2003). *Les nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les enseignements technologiques ; De l'organisation des savoirs aux conditions d'étude : didactique de la consultation d'information*. Thèse de doctorat de sciences de l'éducation, Université de Provence.
- Choppin, A. (1992). *Les manuels scolaires, histoire et actualités*. Paris : Hachette.
- Corréard, I. (1999). *L'attitude des élèves à l'égard de la technologie*. Mémoire de maîtrise en sciences de l'éducation, Université de Provence.
- Corréard, I. (2001). *Comparaison d'organisations curriculaires de l'éducation technologique dans deux pays*. Mémoire de D.E.A. en sciences de l'éducation, Université de Provence.
- De Vries, M. (1995). L'enseignement technologique aux Pays-Bas et autres pays européens. *Skhole*, 3, 63-83.
- Ginestié, J. (1999). *Contribution à la constitution de faits didactiques en éducation technologique*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation, Université de Provence, Aix-en-Provence.
- Ginestié, J. (2003). *Un point sur l'éducation technologique*. Paris : Les matinées de l'A.E.E.T.
- Lebrun, J., Bédard, J., Hasni, A. & Grenon, V. (2006). La conception, la sélection et l'utilisation du matériel didactique et pédagogique : des enjeux socio éducatifs multiples in J. Lebrun, J. Bédard, A. Hasni & V. Grenon (Eds.), *Le matériel didactique et pédagogique : soutien à l'appropriation ou déterminant de l'intervention éducative ?* (pp. 1-9). Québec, Canada : Les presses de l'Université Laval.
- Ministère de l'éducation nationale (2005). Programme de l'enseignement de technologie en classe de sixième des collèges. *Bulletin officiel de l'éducation nationale*, 20 janvier.
- Theuerkauf, W.E., Graube, G. & Dyrenfurth, M.J. (2003) *Technology education : international concepts and perspectives*. Francfort, Allemagne : Peter Lang.

Manuels cités

- Cliquet, J. (2005, Ed.). *Technologie 6°*. Paris : éditions Delagrave.
- Lattes, S. & Turin, C. (2004). *Tecnologia - settori produttivi*. Italie.

Construire une référence à partir des pratiques professionnelles : le cas de l'enseignement de la santé et de la sécurité du travail

Hélène Cheneval-Armand

• Equipe Gestepro, U.M.R. A.D.E.F., Université de Provence
helene.armand@laposte.net

Résumé

L'introduction dans les curricula des formations professionnelles de l'enseignement de la santé et de la sécurité du travail (ES & ST) pose la question de l'origine des savoirs de référence. Cet article analyse les savoirs sous jacents aux pratiques des professionnels et montre comment à partir de ces pratiques il est possible de penser un champ de références. Pour cela, nous avons procédé à l'enregistrement audiovisuel de la journée de travail de deux professionnels intervenants dans le domaine de l'installation et de la maintenance des systèmes énergétiques et climatiques. Les premiers résultats permettent de qualifier les écarts entre les pratiques « prescrites » aux élèves dans le monde scolaire et les pratiques « effectives » des professionnels dans le monde industriel.

Mots clés

Pratiques professionnelles – Prévention des risques professionnels – Savoirs de référence

Abstract

The introduction into the vocational trainings syllabuses of the teaching of health and occupational safety (ES & ST) raises the question of the origin of the knowledge of reference. This article analyses the underlying knowledge to the practices of professionals and shows how it is possible, from those practices, to think out a field of reference. To do so, we carried out an audiovisual recording of two professionals' day's work who intervene in the field of the installation and maintenance of energy and climatic systems. The first results make it possible to describe the disparities between the practices ordered to the pupils in the school world and the real practices of professionals in the industrial world.

Keys Words

Knowledge of reference – Practices of professionals – Prevention of professional risks

Introduction

L'introduction dans les curricula des formations professionnelles initiales de l'enseignement de la santé et de la sécurité du travail (l'ES & ST) pose la question de l'origine des savoirs de référence en jeu car, comme le soulignent Johsua et Dupin (1993), le savoir présenté en classe entretient des liens culturels et sociaux avec l'extérieur de la classe. Il a une histoire particulière, qui conditionne à la fois le contenu à enseigner, sa place dans un cursus, la forme de sa présentation. La présence en classe d'un objet à enseigner étant la conséquence d'une histoire particulière, le résultat d'un traitement didactique, nous pouvons considérer que l'introduction de l'ES & ST dans le cursus de formation professionnelle n'échappe pas à cette règle. Si l'on suit la voie ouverte par des chercheurs en didactique (Amigues, Ginestié & Gonet, 1991 ; Ginestié, 1997, 1995a ; Johsua, 1997) et que, comme eux, nous pensons que la pratique est la source immanente des savoirs de référence sur lesquels le processus de transposition didactique va porter (Brandt-Pomares, 2003), alors s'impose à nous le besoin de définir les savoirs sous jacents aux pratiques des professionnels.

Cadre théorique

Ce travail s'appuie sur une approche originale de la transposition didactique telle qu'elle peut apparaître dans la construction de références pour les formations professionnelles initiales.

Suivant les travaux de Verret (1975), Chevallard (1991) représente la transposition didactique selon le schéma suivant : savoir savant _ savoir à enseigner _ savoir enseigné. Il décrit ainsi le processus de transformation qui s'opère d'un savoir élaboré dans la sphère des mathématiciens (savoir savant) jusqu'au savoir enseigné tel qu'il est porté dans la classe par l'enseignant. Suivant ce modèle, référer l'ES&ST au savoir savant revient à proposer un enseignement scientifique, s'appuyant largement sur le domaine de la biologie, montrant le rôle des facteurs d'ambiance, des différents risques et de l'activité sur l'intégrité des fonctions physiologiques et psychologiques. Ce qui revient à faire fi des situations réelles de travail et de leurs caractéristiques, notamment dans la manière dont les professionnels devraient prendre en compte une gestion efficace des risques.

Pour Martinand (1983), la référence à un seul terme, l'objet de connaissance ou de savoir, est trop restrictive. Pour cet auteur, la référence aux pratiques sociales est nécessaire, puisque les activités scolaires doivent être des images d'activités sociales réelles (Martinand, 1989). Ainsi, dans une référence aux pratiques, la prévention des troubles musculo-squelettiques prend la forme d'un enseignement portant sur les comportements gestuels et posturaux adaptés, sans se préoccuper des aspects théoriques sous tendus. Or, penser l'ES&ST dans une seule référence pratique ne permet pas d'articuler les concepts et les gestes professionnels nécessaires à la maîtrise des risques. Il y a une distanciation entre le geste et la pensée qui fonde ce geste.

Johsua (1996) considère que ce ne sont pas des pratiques, mais des savoirs sur les pratiques qui servent de référence aux enseignements. Ainsi, dans l'alternative entre savoir savant proposé par Chevallard (1991) ou pratique sociale de référence avancée par Martinand (1989), Johsua (1998) propose de parler de « savoirs experts ». Cette distinction permet de mieux caractériser les lieux d'institutionnalisation des savoirs. En effet, les savoirs savants sont produits par des communautés scientifiques identifiées (ou identifiables) alors que les savoirs experts visent à rendre compte d'autres sources de production de savoirs qui ne répondent pas à ces critères institutionnels de production. Dans cette perspective, les savoirs (savants ou experts) sont des mises en textes à partir des sources de production des savoirs (Ginestié, 1999). En remontant en amont de cette mise en texte, nous pouvons avancer qu'il n'y a pas de différence majeure dans l'élaboration des savoirs (savant ou expert). En effet, le processus d'élaboration est un réseau d'interactions entre savoir (comme produit d'une activité scientifique ou professionnelle), pratique (qu'il s'agisse de celle du chercheur ou de l'expert), et problème (la question que se pose le chercheur ou celui auquel est confronté un professionnel dans son activité et qu'il ne peut résoudre de manière routinière).

Pour autant, cette complexité de délimitation de la référence apparaît très nettement à propos des savoirs experts. En effet, l'organisation des savoirs experts est peu explicite, ils sont souvent immergés non dans l'action mais dans le flux des opérations mentales qui la guident ou l'accompagnent. Dès lors, ce qu'il y a à transposer ne se donne pas à voir aisément et la transposition ne peut prendre sa source dans un corpus déjà explicité, à l'image des savoirs savants. Pour lire les processus d'élaboration de savoirs experts, nous pouvons dégager trois niveaux d'analyse : le geste, la technique et la technologie (Ginestié, 1995b).

Le premier niveau concerne les gestes professionnels c'est-à-dire l'ensemble des habiletés que met en œuvre l'individu ou le groupe d'individus pour effectuer une tâche, sans que pour autant il soit capable de dire, voire de justifier, ce qu'il fait et surtout comment il fait. Ces habiletés dans le cadre de la prévention des risques peuvent être rapprochées des pratiques informelles de sécurité (Rousseau & Monteau, 1991) ou des savoir faire de prudence (Cru, 1995). Pour ce dernier, ces savoir faire de prudence s'apprennent sur le chantier en regardant faire les anciens, puis en articulant ses propres exigences. Nous considérerons ces pratiques informelles de sécurité comme des conduites individuelles mises en œuvre dans l'activité de travail.

Un des moyens pour formaliser les gestes professionnels consiste à les modéliser dans un ensemble qui constitue le second niveau et qui concerne la technique. De ce point de vue, la technique apparaît comme une formalisation des gestes professionnels dans le but de les diffuser. Dans le domaine de la prévention des risques, on peut par exemple citer les guides élaborés par les organismes professionnels. Cette formalisation des savoirs qui se transforme la plupart du temps en guide de bonnes conduites renvoie à l'application de prescriptions réglementaires et normatives. Dans cette perspective, nous considérerons ces prescriptions comme des adaptations locales issues de prescriptions plus générales (réglementations, normes) c'est-à-dire comme des normes locales visant à éviter la production d'un accident.

Le troisième niveau relève de la technologie c'est-à-dire de la construction argumentée sur les techniques au sens où elle permet de relier les techniques à des concepts théoriques scientifiques ou mathématiques afin de généraliser. Dans le domaine de la prévention des risques c'est le rôle qui est dévolu aux réglementations, aux normes mais aussi aux méthodes d'analyse a priori et a posteriori développées par l'Institut National de Recherche en Sécurité (I.N.R.S.).

Cette analyse des différents niveaux de mise en texte des savoirs experts permet de dégager trois champs de référence possibles pour l'ES&ST. Mais quelle est réellement l'origine du savoir retenu à des fins

d'apprentissage ? Dans l'enseignement professionnel, l'élaboration des programmes et des référentiels est réalisée conjointement par des représentants des organisations professionnelles (employeurs et employés) et des membres de l'éducation nationale (enseignants et inspecteurs) dans le cadre des Commissions Professionnelles Consultatives (C.P.C.) du Ministère de l'éducation nationale. En ce qui concerne l'ES&ST, les commissions ont intégré des spécialistes de la prévention : les experts de l'I.N.R.S. Dans cette perspective, nous pouvons supposer que la référence pour l'ES&ST se situe plutôt au troisième niveau de la mise en texte des savoirs experts. Ainsi, l'introduction dans les programmes d'outils méthodologiques proposés par les experts de l'I.N.R.S. ne peut-elle pas être à l'origine d'un processus de « savantisation » au sens donné par Johsua (1996) qui souligne que le mouvement ascendant-descendant qui va des contenus proposés aux références externes est toujours là et bien là. Il peut même aller jusqu'à des efforts de « contre-transposition » pour assurer, à partir d'une pratique scolaire, une « savantisation », des légitimations extérieures quand elles sont trop peu sensibles par elles-mêmes. Si l'on considère que la finalité de l'ES&ST est de faire de la maîtrise des risques une composante de la qualification professionnelle alors nous pouvons considérer que le savoir transposé et finalement enseigné en classe aura en retour une influence sur les pratiques sociales de référence. Ceci nous permet le passage d'un modèle de transposition didactique linéaire tel que le proposait Chevallard (1991) à un modèle en rétroaction. Un tel modèle de la transposition didactique prend tout son sens dans une organisation d'enseignement spécifique telle que l'ES&ST car il nous permet de rendre compte des origines possibles des savoirs en jeu dans cet enseignement.

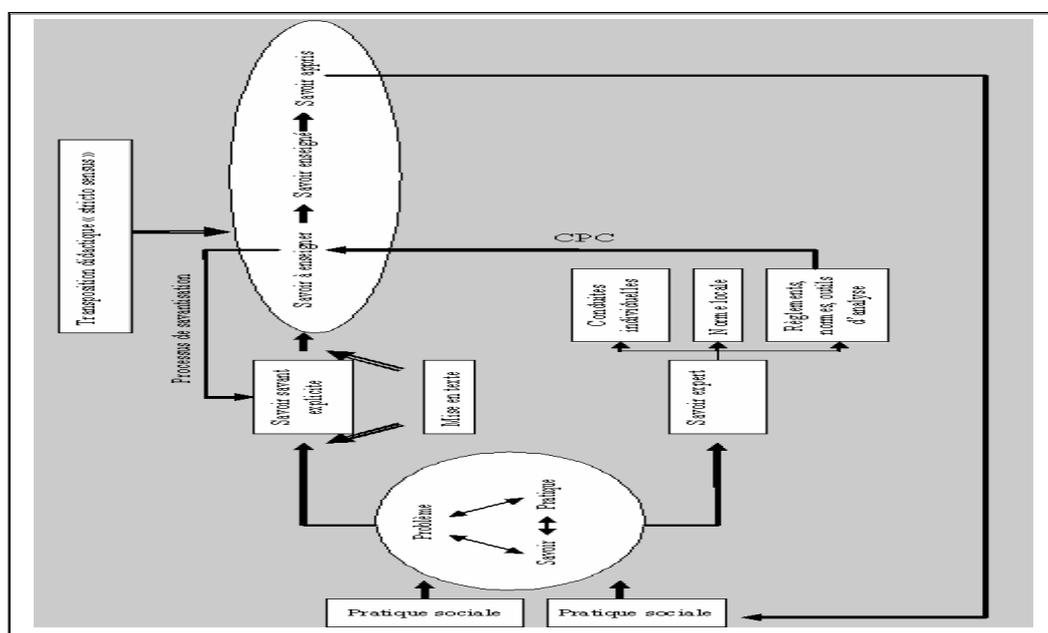


Figure 1. Processus d'élaboration des savoirs et transposition didactique des savoirs dans le domaine de l'ES&ST

Afin de valider partiellement le modèle de la transposition didactique spécifique à l'ES&ST établi précédemment et indépendamment des contraintes immédiates d'organisation de cet enseignement, nous nous sommes consacrés à l'analyse des pratiques de prévention des risques mises en œuvre par les professionnels confrontés à des situations routinières. Cette analyse doit nous permettre de caractériser ce qui se passe réellement dans la pratique, ce que font les professionnels, à quoi ils font référence ? En d'autres termes, qu'est-ce que les pratiques traduisent comme types de savoirs ? Savoirs scientifiques ? Savoirs experts ? Conduites individuelles ? Normes locales ? Règlements, normes, méthodes d'analyse ? Pour atteindre un tel objectif et en référence aux deux baccalauréats professionnels dans le domaine du génie énergétique nous avons observé deux situations de travail : l'une de maintenance d'une installation de climatisation, l'autre d'installation et de mise en service d'une climatisation neuve. Du fait de leur caractère spécifique, ces deux situations de travail sont confiées à deux équipes différentes.

Méthodologie de la recherche

Le choix du champ d'investigation : le génie climatique et énergétique

Le choix du champ d'investigation est motivé par un ensemble de considérations. Tout d'abord, les entreprises du génie énergétique et climatique connaissent un fort développement économique. Elles sont donc un secteur porteur d'emploi pour les jeunes diplômés des baccalauréats professionnels. Ensuite, c'est un secteur professionnel qui requiert une multitude de compétences (électricité, plomberie, ...) et les professionnels sont donc confrontés à une multitude de risques. Enfin, c'est un secteur d'emploi qui est essentiellement situé dans les très petites (TPE), petites et moyennes entreprises (PME) car elles représentent environ 90% des entreprises. Or ces entreprises ne possèdent généralement pas de l'expertise « en interne » pour régler les problèmes de santé et de sécurité au travail (Pas de Comité Hygiène Sécurité et Conditions de Travail).

Les tâches professionnelles objet de l'analyse

Comme tout diplôme de l'enseignement professionnel, le programme d'enseignement du baccalauréat professionnel prend la forme d'un référentiel. Dans le domaine du génie climatique, il existe deux baccalauréats professionnels correspondant chacun à un secteur professionnel différent : le premier vise la formation de technicien en installation des systèmes énergétiques et climatiques, le deuxième celle de technicien en maintenance des systèmes énergétiques et climatiques. Le choix des tâches professionnelles renvoie donc à ces deux secteurs professionnels : la maintenance et l'installation.

La maintenance des systèmes énergétiques et climatiques

La norme NF EN 13306-X60-319 définit la maintenance comme « l'ensemble des actions qui permettent de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ». Dans la définition de la maintenance, nous trouvons deux mots-clés : maintenir et rétablir. Le premier fait référence à la maintenance préventive. Le deuxième fait référence à la maintenance corrective. Nous ne retenons ici que la maintenance corrective car ces opérations sont identifiées depuis longtemps comme des situations critiques pour la sécurité des travailleurs. En effet, selon Faverge (1970), les situations de récupération pendant lesquelles on répare un engin qui vient de tomber en panne, ou on rétablit une situation perturbée par un incident sont particulièrement propices aux accidents. La tâche de maintenance corrective des systèmes frigorifiques peut être schématiquement découpée en quatre phases :

- la phase de diagnostic : diagnostiquer c'est identifier la cause probable de la panne. Pour cela, le technicien doit rechercher des indices éventuels, énoncer les hypothèses de panne, les vérifier afin d'élaborer un diagnostic final. La validation de la ou des causes de la panne (fuite sur le circuit de gaz frigorifique, défaillance d'une pièce) détermine le type d'intervention de maintenance. En effet, si la réparation est possible, le technicien procède au dépannage immédiat de l'installation. Dans le cas contraire, le technicien doit programmer son intervention de dépannage (maintenance corrective différée). La programmation d'une intervention de dépannage implique la prise en compte des équipements techniques nécessaire à l'intervention : pièces de rechanges, matériel de rechange ou de dépannage, outillage. Dans le même temps, il doit évaluer *a priori* les risques inhérents à la situation de travail (risque de chute, risque électrique). Cette phase d'évaluation des risques doit lui permettre d'organiser son intervention en intégrant toutes les composantes liées à la sécurité ;
- la phase de mise en sécurité : en fonction de l'évaluation des risques effectuée lors de la phase de diagnostic, le technicien procède à la mise en œuvre des mesures de prévention. Celles-ci peuvent être de nature organisationnelle comme par exemple la présence d'un deuxième technicien, mais aussi technique comme par exemple la mise hors tension de l'installation, la mise en œuvre d'équipements de protection collective (ligne de vie) ou individuelle (port des gants, utilisation d'outils isolants) ;
- la phase de dépannage : le technicien procède au dépannage de l'installation tout en prenant en compte les éléments des deux phases précédentes ;
- la phase de remise en service et de test de l'équipement : cette phase nécessite la présence de tension au niveau de l'installation. Le technicien est alors amené à travailler à proximité de pièces nues sous tension.

Seules les trois dernières phases seront analysées car les données recueillies portent sur une tâche de maintenance corrective différée. Cependant des échanges informels ainsi que les mesures prises pour gérer les risques pendant l'activité de travail me permettront d'inférer les risques repérés par les techniciens lors de la phase de diagnostic.

L'installation des systèmes énergétiques et climatiques

L'installation d'une climatisation peut être schématiquement découpée en trois phases :

- phase de planification des travaux : en fonction du cahier des charges, le technicien réalise un repérage des lieux afin d'effectuer une organisation des travaux à réaliser. La connaissance des lieux et des matériels à installer doit lui permettre d'évaluer les risques inhérents à la situation de travail. Cette évaluation *a priori* des risques permet à l'opérateur de décider des mesures d'organisation (présence de personnel ou d'engins de manutention appropriés au poids, à l'encombrement des gros matériels, outillages adaptés aux travaux prévus), des mesures de protection collective (autorisation de mise hors tension des points d'alimentation en énergie prévus pour le raccordement) et des mesures de protection individuelle (gants, bouchons antibruit) ;
- phase d'implantation des équipements : cette phase comprend deux étapes : la première permet de préparer les supports destinés à recevoir les éléments de l'installation et les zones de passage des raccordements. La deuxième est la fixation proprement dite des éléments de l'installation sur les supports prévus à cet effet. En fonction des risques et des contraintes, le technicien décide de la mise en œuvre des éléments prévus lors de la phase de planification des travaux ;
- phase de raccordement des éléments de l'installation et des circuits électriques : en fonction de la mise hors tension prévue (totale, partielle ou nulle), le technicien peut procéder au raccordement sans aucun risque ou en devant les prendre en compte.

Seules les deux dernières phases seront analysées car le recueil des données porte sur les travaux d'installation d'une climatisation. Cependant, des échanges informels avec les opérateurs ainsi que des constats sur la gestion d'urgence des risques par les techniciens me permettront d'inférer certains éléments de la phase de planification des travaux et plus particulièrement sur la prise en compte des risques inhérents à la situation.

Le recueil des données

Nous avons procédé à l'enregistrement audiovisuel de la journée de travail des deux équipes de techniciens : l'une en maintenance, l'autre en installation. Les données audiovisuelles ont fait l'objet d'une retranscription sous la forme d'un corpus écrit. L'analyse des corpus écrits et des enregistrements audiovisuels permet de dégager deux types de données susceptibles de mettre en lumière les savoirs sous jacents aux pratiques des techniciens lors des opérations d'installation et de maintenance d'une climatisation : les verbalisations et les comportements non verbaux.

Les verbalisations

Elles sont issues des interactions entre les techniciens et entre le ou les techniciens et le chercheur (noté O dans la retranscription). Elles peuvent être spontanées ou provoquées, immédiates ou différées. Lorsqu'elles sont provoquées, elles rentrent dans le cadre d'un entretien non directif puisqu'elles sont directement liées à l'explicitation de la situation vécue. Cependant, notre objectif étant le recueil de données dans le domaine de la santé et de la sécurité du travail, le questionnement est essentiellement axé sur le comment et le pourquoi. Le comment nous permet d'inférer les pratiques de prévention des risques des techniciens et le pourquoi, les savoirs sous jacents à ces pratiques. Ainsi, nous pouvons dégager trois catégories de verbalisations : Les verbalisations spontanées entre les techniciens d'une part, et entre le technicien et le chercheur d'autre part : elles sont essentiellement techniques mais dans le premier cas, elles sont liées à l'organisation des activités à accomplir, des problèmes techniques à résoudre pour atteindre le but prescrit (dépanner ou installer une climatisation). Dans le deuxième cas, elles prennent la forme d'une explicitation technique dans une visée compréhensive des activités réalisées. Cependant, une conception négative de l'homme comme seul responsable des accidents, puisque la technique et les mesures de prévention sont réputées bonnes si elles sont appliquées, conduit inévitablement le technicien à cacher ses pratiques réelles. La peur du jugement, de la non-conformité du travail réel par rapport à la norme (prescription réglementaire) se traduit ici par une absence de verbalisation spontanée sur les savoirs en jeu. Cette dernière considération nous a conduit à mettre en place un entretien pendant la réalisation de l'activité, où le chercheur pose des questions telles que : pourquoi faites-vous ceci ? Quels sont les risques ? Comment savez-vous qu'il n'y a pas de danger ? Ce questionnement permet de dégager une deuxième catégorie de verbalisation. Les verbalisations que nous nommerons interruptives car elles coupent le discours spontané et rentrent dans un entretien. Cependant, ce questionnement est difficile à mettre en œuvre lorsque l'opérateur est sous contrainte de temps ou en situation à risque, demandant une concentration de tous les instants. Cette deuxième contrainte nous permet de dégager un troisième type de verbalisation : les verbalisations sur les résultats de l'observation. Ces dernières sont recueillies lors d'une phase d'auto-confrontation immédiate. En effet, l'augmentation de l'activité de travail liée à l'accroissement de la demande (installation ou maintenance de climatisation) durant la période d'observation (juin, juillet) ne nous a pas permis de mettre en place une auto-

confrontation simple ou croisée (Clot & Faïta, 2000) avec les techniciens. Dans ce contexte, des moments de diminution du rythme de l'activité du travail ont donné lieu d'une part, à des verbalisations sur les risques inhérents à l'activité réalisée précédemment et d'autre part à des échanges informels qui permettent de mettre en lumière les savoirs sous jacents aux pratiques des techniciens.

Les comportements non verbaux

Dans un souci de compréhension de l'activité réelle des techniciens lors de certaines périodes de l'activité, nous ne pouvons faire l'impasse d'une description des situations observées et des comportements non verbaux. Ces derniers permettent de recueillir les gestes, les postures, les déplacements, les prises d'informations des techniciens, la nature des informations prélevées et leur support. La mise en œuvre d'un geste mesuré, méthodique lors d'une activité présentant un risque peut être révélatrice du caractère conscient de la prise de risque par le technicien. Cette prise de risque, intentionnelle présuppose du choix opéré par le technicien pour réduire l'écart entre le risque perçu et le risque préférentiel (Wilde, 1988). Le risque perçu peut ici s'analyser du point de vue de la connaissance (savoirs) et de l'expérience du technicien, alors que le risque préférentiel s'analyse du point de vue des coûts et des bénéfices liés aux différents comportements possibles.

Les résultats

Dans cette partie de notre travail, il s'agit pour nous de développer une analyse d'un corpus constitué des retranscriptions des discours des techniciens pour essayer d'inférer les savoirs sous jacents aux pratiques de prévention des professionnels. Pour cela, le modèle de transposition didactique et d'élaboration des savoirs spécifique à l'enseignement de la santé et de la sécurité du travail (Cheneval-Armand, 2005) nous a servi de cadre de référence pour analyser les savoirs sous jacents aux pratiques des professionnels.

Les savoirs scientifiques

L'analyse du discours des pratiques professionnelles nous permet de dégager deux extraits où les techniciens font référence à des savoirs scientifiques, comme le montre l'extrait suivant dans l'intervention de maintenance :

A- La châtaigne¹ je l'ai prise si je compte 20 – 30 fois donc je la prends régulièrement, ça fait 15 ans que je travaille bientôt et je l'ai pris plusieurs fois, plus ou moins forte. Et je connais moi un électricien, un vieux de la vieille, qui a touché qui était chez un particulier qui avait 40 ans d'expérience et puis un jour il a touché une machine à laver et il a mis les mains mais il a pas fait gaffe², mais comme ça a dû se passer 100 fois dans sa vie, sauf que ce jour- là et ben le courant il est passé, vous savez c'est par rapport au rythme cardiaque, donc quand le courant passe, il est passé à un moment donné où le cœur, il a pas accepté et il s'est arrêté.

Dans cet entretien, les références aux savoirs savants sont faites par le technicien sur le danger du courant électrique qui est lié au passage par le cœur, qui vient stopper le rythme cardiaque. Le trajet du courant dans l'organisme est ici mis en regard entre le point d'entrée (la main) et le point de sortie (les pieds).

Nous retrouvons également cette référence aux savoirs scientifiques dans le discours d'un autre technicien lors de la phase de raccordement électrique de l'installation :

C- Alors tu vois, toutes les installations ont une protection en tête (il me montre un disjoncteur différentiel). Ça c'est en fait s'il y a une fuite de courant. Cet appareil il mesure ce qui part et ce qui revient comme courant sur les lignes donc si au passage quelqu'un prend le courant qui dépasse 30 milliampères, ce qui n'est pas énorme, ça va disjoncter, ça va couper la ligne. C'est un appareil qui est taré très bas puisque c'est normalement ce qu'on met dans les salles d'eau.

Dans cet entretien, les références aux savoirs scientifiques sont faites par le technicien qui met en regard les dispositifs de protection mis en place sur l'installation et les effets éventuels sur son organisme en cas de contact accidentel avec le courant. Pour lui, le dispositif disjoncteur différentiel assure sa sécurité puisqu'il coupe la ligne lorsque le courant de fuite dépasse 30 milliampères.

Ces deux extraits montrent que les techniciens font appel à des savoirs scientifiques pour évaluer la dangerosité des situations de travail. Pour la situation de maintenance, la dangerosité d'une intervention en présence de courant est liée au trajet du courant dans l'organisme et son passage par le cœur. Alors que pour la situation d'installation, elle est liée à l'intensité du courant susceptible de le traverser.

¹ Argotique. Comprendre : « le choc électrique ».

² « Il n'a pas fait attention ... ».

Les savoirs experts

Les conduites individuelles

L'analyse du discours des pratiques professionnelles nous permet de dégager deux extraits où les techniciens mettent en œuvre des conduites individuelles comme le montre l'extrait suivant dans l'intervention de maintenance.

A- Là, dans l'absolu, c'était pas un travail, là où j'ai demandé d'être accompagné c'est parce que justement y avait un gars qui allait être dans un endroit où il ne pouvait pas se dégager seul s'il avait un gros problème et qu'il était en train de travailler avec du feu et éventuellement des vapeurs. Donc moi je demande à avoir quelqu'un pour assister d'une part il doit y avoir 150 kg de matériel à monter sur une échelle par skydome³, euh, seul tout est faisable, mais à un moment donné il faut arriver à dire oui je le fais ou est-ce qu'on m'oblige de le faire parce que des fois la société chez nous ça va très bien mais y a des sociétés où tu te démerdes quoi, y a personne tu te démerdes⁴, tu y vas, tu te démerdes. Ou après, à un moment donné, on dit bon là j'ai pas envie de faire ça seul parce que s'il y a un souci je reste coincé là et j'ai le feu.

Dans cet entretien, la prise en compte du caractère confiné du lieu de l'intervention pouvant induire des risques lors de l'opération de soudure ainsi que les difficultés à accéder à la toiture avec l'ensemble du matériel d'intervention (150 kg) ont conduit le technicien à mettre en œuvre une conduite individuelle sécuritaire qui vient compléter « les blancs » laissés par les normes ou les règlements de sécurité. En effet, aucune prescription réglementaire ne précise le caractère obligatoire d'une intervention à deux sur ce type d'opération. De ce fait, nous pouvons considérer la demande faite par le technicien de disposer de la présence d'une deuxième personne pour réaliser l'intervention comme la mise en œuvre d'une conduite individuelle.

Nous retrouvons également la référence à des conduites individuelles dans le discours d'un autre technicien lors de la phase de raccordement électrique de l'installation :

C- Ça aussi il ne faut pas le faire. Il touche les fils dans le boîtier.

O- C'est-à-dire ?

C- Travailler sous tension.

Au niveau du connecteur, il débranche l'alimentation du radiateur, enlève le câble d'alimentation du radiateur et passe le sien (le câble prévu pour alimenter les appareils).

C- Elle m'espionne, la moindre de mes cachotteries là. Je ne peux pas cacher quelque chose là.

O- Mais il y a rien à cacher.

C- Oh, tu sais, des fois, je m'en rends même pas compte à force de dire des conneries⁵.

Il écarte précautionneusement les fils entre eux. Connecte le fil vert et jaune puis le fil bleu. Tasse le tout dans le boîtier en utilisant dans un premier temps le manche en plastique de son tournevis puis son doigt. Très méthodiquement, il touche le sucre⁶ pour le mettre dans l'axe de son fil marron. Enfonce le fil marron au niveau du sucre et serre. La machine démarre.

C- Regarde s'il clignote le boîtier

Alors, il tasse avec le pouce l'ensemble des fils et referme le boîtier.

O- Et si tu le sais que c'est dangereux, pourquoi tu le fais comme ça ?

C- Je sais pas où il faut couper le courant, c'est le bordel t'imagines un peu. Il faut que je coure après quelqu'un qui me montre où est le disjoncteur de ça et tout. C'est sûr que je peux perdre une heure à aller chercher quelqu'un dans les étages, tu vois ce que je veux te dire. C'est qu'un problème de temps en fait.

C- Alors tu vois, toutes les installations ont une protection en tête (il me montre un disjoncteur différentiel). Ça c'est en fait s'il y a une fuite de courant. Cet appareil il mesure ce qui part et ce qui revient comme courant sur les lignes donc si au passage quelqu'un prend le courant qui dépasse 30 milliampères, ce qui n'est pas énorme, ça va disjoncter, ça va couper la ligne. C'est un appareil qui est taré très bas puisque c'est normalement ce qu'on met dans les salles d'eau.

Dans cet entretien, la prise en compte par le technicien des dispositifs intrinsèques de protection (disjoncteur différentiel de 30 milliampères) présents sur l'installation, les effets éventuels sur son organisme en cas de contact accidentel avec le courant et la perte de temps lié à la recherche d'une personne compétente pour procéder à la mise hors tension de l'installation (consignation) conduisent ce dernier à intervenir en présence de courant électrique. Pourtant, une prescription réglementaire met en évidence que « les opérations doivent être effectuées, chaque fois que c'est possible hors tension. Les travaux peuvent être effectués sous tension chaque fois que les conditions d'exploitation rendent dangereuse ou impossible la mise hors tension ou si la nature du

³ Trappe de désenfumage positionnée en toiture pour assurer l'évacuation des fumées en cas d'incendie.

⁴ « ... tu fais comme tu peux ... ».

⁵ Sottises, bêtises.

⁶ Dispositif permettant de raccorder deux fils électriques.

travail requiert la présence de la tension » (I.N.R.S., ED1456). Dans ce contexte, nous pouvons considérer que le technicien met en œuvre une conduite individuelle qui se substitue à la norme ou au règlement.

Ces deux extraits montrent que les techniciens mettent en œuvre des conduites individuelles en fonction de leur évaluation personnelle de la dangerosité de la situation. Dans la situation de maintenance, l'évaluation de la dangerosité de l'intervention pouvant conduire à un accident en cas de problème lors de l'opération de soudure ainsi que les difficultés d'accès en toiture ont conduit le technicien à mettre en œuvre une conduite individuelle sécuritaire visant à compléter les blancs laissés par les règlements. Dans ce contexte, le risque perçu étant supérieur au risque préférentiel, le technicien adopte une stratégie moins risquée (l'intervention à deux). Cependant, il est à noter que celle-ci est rendue possible parce que la société accède à la requête du technicien. De ce fait, l'évaluation du danger et la flexibilité dans l'organisation du travail sont donc nécessaires à ce niveau pour permettre le développement de ces conduites individuelles. À l'inverse, dans la situation d'installation, le choix opéré par le technicien d'intervenir en présence de tension peut être considéré comme une prise de risque intentionnelle visant à réduire l'écart entre le risque perçu (évaluation de la dangerosité de la situation) et le risque préférentiel (gain de temps, perte de temps). Le risque perçu étant ici inférieur au risque préférentiel, le technicien met en œuvre une conduite individuelle qui se substitue à la règle prescrite (les travaux doivent être effectués hors tension).

Les normes locales

L'analyse du discours des pratiques professionnelles nous permet de dégager un extrait dans l'intervention de maintenance où le technicien met en œuvre des normes locales :

A- C'est pour ça que bon récemment on a été obligé de faire des stages de sécurité pour l'utilisation des nacelles donc on est parti deux jours en stage pour avoir la formation de sécurité concernant les nacelles. Et lorsqu'on parle avec les formateurs à la base il faut prendre des précautions mais à une extrême incroyable, quoi, donc on peut pas travailler, c'est pas possible, la société elle vit pas. Nous on perd trop de temps et y a des fois où c'est même pas possible.

A- C'est des règles, c'est des obligations. Lorsqu'on prend une nacelle, il faut toujours être deux, il faut toujours qu'il y en ait un qui reste en bas pour éventuellement piloter la nacelle si le gars qui est en haut ne peut plus piloter, il faut baliser, il faut faire gaffe qu'il n'y ait pas trop de vent, il faut voilà. Et puis après quand on commence à parler parce que dans un stage ça tourne toujours quand on parle de risque de travail moi j'ai pas pu m'empêcher de dire mais on est obligé de faire des fautes, de prendre des risques. Alors le formateur de suite il était outré mais comment voulez vous faire ? Là, aujourd'hui, si on avait pas pris de risque on serait pas encore en train de travailler parce que déjà monter à l'échelle sur le toit comme ça c'est interdit alors comment on serait monté je sais pas.

B- Là, logiquement, il doit y avoir une ligne de vie c'est un câble qui est tiré avec des ancrages fixes et on doit être attaché même si on travaille là et qu'on va jamais là-bas, on doit être attaché.

Dans cet entretien, les formations à la sécurité où on enseigne aux techniciens des procédures, des règles où la réglementation fonctionne comme un outil de référence. Le rapport du professionnel avec la réglementation est ici perçu comme un rapport d'obligation d'exécution. Or, pour les techniciens confrontés à des problèmes concrets, réels et quotidiens, la sécurité doit être pensée en termes de compromis entre la nécessité d'appliquer la réglementation pour assurer sa propre sécurité et l'obligation de réaliser les interventions dans des conditions imposées par la concurrence inhérente au système économique en cours. Ce passage des principes réglementaires à des principes applicables aux cas particuliers relève d'une adaptation locale visant à concilier sécurité et production. En effet, les techniciens doivent procéder au dépannage de l'installation mais l'utilisation d'une échelle pour accéder à la toiture est interdite. D'autre part, la toiture du bâtiment doit être équipée d'une ligne de vie afin de permettre l'accrochage. On constate ici que les contraintes réglementaires entraînent *ipso facto* l'arrêt de l'activité. Pourtant le travail sera réalisé et des normes locales seront mises en place par les techniciens : blocage de l'échelle, aucune circulation des techniciens ne se fera à proximité des bordures car l'installation de climatisation est relativement centrée.

Cet extrait montre que les techniciens mettent en place des normes locales issues d'une adaptation des prescriptions réglementaires visant à concilier sécurité et production. Cependant, il semble que la plupart des formations proposées aux techniciens ne permettent pas cette construction locale des règles car le règlement dans sa forme impérieuse se doit d'être respecté. Les transgressions sont interdites et de ce fait, toutes discussions sur des possibles adaptations locales sont bannies du discours du formateur. Cette distinction entre le prescrit et le réel traduit la différence qui existe entre ce qu'il y a à faire (la tâche) et ce qui est fait (la tâche effective ou activité, Leplat & Hoc, 1983). Dans ce contexte, nous pouvons avancer que les prescriptions nécessitent un apprentissage pour être adaptées et intégrées dans le système d'action des futurs professionnels.

Les règlements, les normes et les outils méthodologiques

L'analyse du discours des pratiques professionnelles nous permet de dégager un extrait dans l'intervention de maintenance où le technicien fait référence à des savoirs réglementaires ou normatifs :

A- On a fait la formation, ça c'est une sécurité pour le patron parce que lui il se protège pour lui-même. Parce que s'il y a un accident électrique, il va pouvoir dire lui il a été habilité, il savait ce qu'il faisait. Si c'est n'importe qui, qui n'est pas habilité et qui se débrouille et qui se prend la châtaigne et qu'il reste par terre, il va falloir expliquer à je sais pas qui, la Caisse Régionale Assurance Maladie (C.R.A.M.) ou l'inspection du travail ou je sais pas qui, parce que après il va payer à vie, il va aller en prison pour ça donc là il se protège pour ça. Là aussi, on nous dit ce qu'il faut faire, ce qu'il ne faut pas faire.

Dans cet entretien, la formation à l'habilitation électrique est perçue comme une transmission des bonnes conduites puisqu'on leur dit ce qu'il faut faire ou ne faut pas faire. Ces bonnes conduites renvoyant à l'application de procédures issues de prescriptions réglementaires et normatives. Les techniciens connaissent les prescriptions réglementaires puisqu'ils évoquent la responsabilité pénale et financière du chef d'entreprise en cas d'accident si le salarié n'est pas habilité à intervenir sur des installations électriques. Cependant, à aucun moment du discours, les techniciens n'évoquent l'utilisation des outils méthodologiques préconisés par l'I.N.R.S. pour procéder à l'analyse des risques présents dans les situations professionnelles.

Cet extrait montre que les savoirs transmis dans le cadre de la formation des salariés reflète essentiellement une stratégie de réglementation où la prédominance des normes et des règlements conduit à définir d'en haut ce qui est bon et ce qui n'est pas bon pour les travailleurs. Par ailleurs, l'absence de référence à des savoirs méthodologiques dans le discours des pratiques professionnelles, mais leur présence dans les curricula des formations à la prévention des professionnels ne visent-elles pas la diffusion de ces outils par l'intermédiaire des jeunes diplômés ?

Conclusion

Cette analyse du rapport à la prévention des risques dans l'activité de professionnels intervenant sur des installations de climatisation met en lumière les savoirs sous jacents aux pratiques des professionnels. Ces savoirs relèvent d'une articulation qui mêle savoirs savants et savoirs experts. Dans une référence savante, les savoirs mobilisés permettent au technicien d'apprécier la dangerosité de la situation de travail. Dans une référence experte, les savoirs réglementaires et normatifs permettent la mise en œuvre de normes locales, de conduites individuelles visant à concilier prévention des risques et objectifs de production. Ainsi cette analyse montre que les experts mobilisent des connaissances scientifiques et des connaissances locales dans le cadre de situations de travail qui présentent des risques pour leur environnement mais également susceptibles de porter atteinte à leur santé et leur intégrité physique. Par ailleurs, cette analyse montre l'absence, dans leur discours sur leurs pratiques professionnelles, de référence à des savoirs méthodologiques, par exemple les outils d'analyse développés et préconisés par les experts de l'I.N.R.S.

Ces premiers résultats permettent d'élaborer des savoirs de référence pour définir ce que les élèves doivent réussir à faire à la fin de leur formation et donc ce qu'il faudrait leur enseigner. Or, une première approche des instructions officielles de l'ES&ST montre qu'il existe un écart entre les savoirs impliqués dans les pratiques prescrites et les savoirs impliqués dans les pratiques effectives ou réelles des professionnels. Ainsi, l'existence d'un écart ouvre des perspectives de recherche dans le champ de la didactique et plus particulièrement celui des conceptions susceptibles de constituer des obstacles à l'apprentissage.

Références bibliographiques

- Amigues, R., Ginestí, J. & Gonet, A. (1991). Learning and teaching of Technology at the middle school level : "the place of industry". In I. Mottier, J.H. Raat & M.J. De Vries (Eds.), *Technology education and Industry* (pp. 1-19), Report of the 5th PATT Conference. Eindhoven : Eindhoven University of Technology.
- Cheneval-Armand, H. (2005). *Approche didactique de l'enseignement de la prévention des risques professionnels en baccalauréat professionnel énergétique*. Mémoire de Master 2 en sciences de l'éducation, Université de Provence.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné*. Paris : La Pensée Sauvage.
- Clot, Y. & Faïta, D. (2000). Genres et styles en analyse du travail : concepts et méthodes. *Travailler*, 4, 7-42.

- Cru, D. (1995). *Règles de métier, langue de métier : dimension symbolique au travail et démarche participative de prévention. Le cas du bâtiment et des travaux publics*. Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'EPHE, sciences de la vie et de la terre, Paris.
- Faverge, J.M. (1970). L'homme agent d'infiabilité et de fiabilité du processus industriel. *Ergonomics*, 13,3, 301-327.
- Ginestié, J. (1995a, décembre). *Knowledge or know-how : Overview about development of Technology education*. Paper at the 2nd International Conference about Technology Education "Innovation and Management". Erfurt, WOCATE.
- Ginestié, J. (1995b). Vers une éducation technologique pour tous : les savoirs en jeu dans les disciplines technologiques, *Skôlé*, 3, 25-42.
- Ginestié, J. (1997). Technology Education in France. In D. Blandow & W.E. Theuerkauf (Eds.), *Strategien und Paradigmenwechsel zur technischen Bildung* (pp. 75-85). Hildesheim, Allemagne : Diverlag, Franzbecker Ed.
- Ginestié, J. (1999). *Contribution à la construction de faits didactiques en éducation technologique*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Université de Provence.
- I.N.R.S. ED 1456 (1995, 2004). *L'habilitation en électricité. Démarche en vue de l'habilitation du personnel*. Paris : I.N.R.S.
- Johsua, S. (1996). Le concept de transposition didactique n'est-il propre qu'aux mathématiques ? In S. Johsua (Ed.), *De la transposition didactique et des parcours des savoirs, Année de la Recherche en éducation*, 79-97.
- Johsua, S., & Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Leplat, J. & Hoc, J.M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3(1), 49-63.
- Martinand, J.L. (1983). Questions pour la recherche : la référence et le possible dans les activités scientifiques scolaires. In *Premier Atelier International de Recherche en Didactique de la Physique à La Londe les Maures* (pp. 227-250). Paris : Centre National de la Recherche Scientifique.
- Martinand, J.L. (1989). Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels. *Les Sciences de l'Education*, 2, 23-29.
- Norme NF EN 13306 – X60-319 (2001). *Terminologie de la maintenance*, Paris, La Défense, Afnor.
- Pomares-Brandt, P. (2003). *Les nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les enseignements technologiques. De l'organisation des savoirs aux conditions d'étude : didactique de la consultation d'information*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université de Provence.
- Raisky, C. & Caillot, M. (1996). *Au-delà des didactiques, le didactique ; débats autour de concepts fédérateurs*. Paris : De Boeck Université.
- Rousseau, C. & Monteau, M. (1991). La fonction de prévention chez l'opérateur : mise en évidence de conduites sécuritaires au cours d'une activité de chantier. *Notes scientifiques et techniques de l'I.N.R.S.*, 88, 54-59.
- Verret, M. (1975). *Le temps des études*. Paris : Librairie Honoré Champion.
- Wilde, G.J.S. (1988). Risk homeostasis theory and traffic accidents : propositions deductions and indiscution of dissension in recent reactions. *Ergonomics*, 31(14), 441-468.

Conceptions de la discipline et relations avec les choix didactiques des enseignants de technologie

Gomatos Léonidas

• Ecole Supérieure d'Enseignement Pédagogique et Technologique (ASPETE), Patras, Grèce
gomatos@otenet.gr

Résumé

L'objectif de ce travail est d'approcher les conceptions des enseignants au sujet du statut de la Connaissance Technologique. En plus nous nous intéressons aux relations de ces conceptions avec les choix et les pratiques pédagogiques de ces enseignants. Pour le faire nous proposons trois problèmes, qui présentent des caractéristiques différentes, à des enseignants de Technologie dans l'enseignement secondaire. Un entretien suit avec chaque enseignant à partir des problèmes proposés. L'analyse du corpus fait apparaître que les caractérisations des enseignants concernant les trois problèmes sont en liaison directe avec leurs conceptions respectives du statut de la Connaissance Technologique.

Mots clés

Choix didactiques – Conceptions – Enseignement – Professeurs – Technologie

Abstract

The purpose of this study is to approach Technology teachers' representations of the status of Technological Knowledge. Furthermore, the interrelation between these representations and educational choices and practices is part of our investigation. In order to do this we propose three problem situations presenting different characteristics to teachers of technological subjects in secondary schools. An interview follows with each teacher. Analysis shows that teachers' characterizations are interrelated with their respective representations of the status of Technological Knowledge.

Key Words

Education – Representations – Teachers – Teaching strategies – Technology

L'enseignement technologique cherche une identité. Ni l'enseignement des sciences, ni la manipulation d'outils et de machines ne peuvent décrire ce qu'est l'enseignement technologique malgré leur rapport étroit. Concernant l'enseignement de la technologie à l'école, une vaste variété de questions émergent au sujet du contenu, des objectifs, des représentations des élèves. Elles sont discutées par Amigues, Ginestier et Johsua (1994), Black et Harrison (1994) et Eggleston (1994) pour la technologie dans l'enseignement général et par Pastré (2002) et Pelpel (2000) pour les matières technologiques dans l'éducation professionnelle. Il est fort naturel de supposer que la recherche d'identité évoquée précédemment est directement liée à la question de la nature de la technologie et plus précisément au statut de la connaissance technologique. Un thème de réflexion intéressant concernant ce statut est de savoir si la technologie constitue un genre autonome de connaissance ou si elle n'est qu'une application des sciences comme la physique, la chimie, la géologie, la biologie, etc.

Des travaux dans l'histoire des sciences montrent que la technologie ne peut pas être considérée comme une application des sciences. Selon Gardner (1994) l'activité technique a précédé l'existence même de la science pendant des milliers d'années. Le chemin peut très souvent être dans le sens inverse : les questions posées par des situations concrètes amènent très souvent à des investigations scientifiques. Nous sommes donc obligés de mettre en doute la conception de la technologie comme un produit à côté de la science (Maiztegui *et al.*, 2002).

Nous ne discuterons pas, dans le cadre de ce travail, les relations dialectiques sciences/techniques/technologie largement étudiées par les épistémologues. Nous nous centrerons sur les représentations de ces relations que peuvent avoir les enseignants de technologie.

Chercher les représentations des élèves à l'égard de la technologie est un thème intéressant de la recherche (Terlon 1990 ; Ginestí 2000). De leur côté Gil-Perez *et al.* (2005) examinent les représentations des professeurs de sciences physiques à l'égard de la technologie. Lorsqu'ils posent la question aux professeurs des sciences physiques « qu'est-ce que c'est la technologie ? » la quasi-totalité des réponses font référence à une science appliquée, affirment-ils. Il apparaît que certaines caractéristiques très importantes sont ignorées et ceci peut conduire à un appauvrissement de l'enseignement des sciences (Cajas, 1999 ; Gil Perez *et al.*, 2005).

En plus des conceptions des enseignants à l'égard de la technologie, nous nous intéressons aussi dans ce travail aux relations entre ces conceptions et les choix et pratiques pédagogiques de ces enseignants. Nous émettons l'hypothèse que la sélection du matériel pédagogique ainsi que les pratiques quotidiennes d'enseignement sont influencées par les conceptions du statut de la connaissance technologique. Un point crucial concernant la sélection du matériel est le choix des problèmes à utiliser dans la classe, un aspect qui nous intéresse particulièrement dans ce travail. Enseigner par des problèmes est une procédure qui paraît naturelle en ce qui concerne l'enseignement de la technologie. C'est par ailleurs également important dans l'enseignement des sciences physiques (Boilevin, 2005).

Méthodologie

Dans cette recherche nous souhaitons identifier les représentations des enseignants de technologie à l'égard du statut de la connaissance technologique et les relations de celles-ci avec les choix didactiques respectifs des professeurs. Comme nous n'avons pas d'idée préalable sur les types possibles de ces représentations nous avons choisi d'interviewer des enseignants. Le nombre de ces entretiens est restreint ce qui donne à notre recherche le caractère d'une étude exploratoire dont les résultats peuvent servir à des approches ultérieures d'une plus grande envergure.

Trois problèmes présentant des caractéristiques différentes (Annexe 1) sont proposés à cinq enseignants des disciplines technologiques dans les écoles secondaires en Grèce. Ces enseignants sont des ingénieurs mécaniciens qui ont eu leur diplôme après cinq ans d'études dans une école Polytechnique et qui ont une ancienneté de service de cinq à dix ans dans l'enseignement secondaire.

Le premier de ces problèmes exige la lecture et la compréhension d'un mécanisme à partir d'un schéma donné afin d'interpréter des pannes éventuelles de fonctionnement du mécanisme. Le deuxième peut être, selon l'âge et les connaissances des élèves, une situation-problème pour la construction de la notion du poids volumique. Il exige, de toute façon, une conceptualisation concernant les notions du poids et du volume et la mise au point de stratégies de comparaison. Il exige aussi de penser aux possibilités de mesurage, de chercher des appareils adéquats de mesure et de surpasser des obstacles pratiques concernant la mise en place des mesures. Finalement un traitement mathématique des mesures effectuées est nécessaire pour arriver à une réponse. Le troisième problème exige une compréhension des consignes d'une tâche concrète à partir des schémas et des textes et la mise en place de l'œuvre proposée dans l'atelier. Une compétence dans l'emploi des instruments peut certainement aider, ce qui n'est pas le cas dans les problèmes précédents. Les trois problèmes sont donc différents mais ils ont tous les trois des caractéristiques technologiques dont la valeur éducative varie selon le niveau d'enseignement et les objectifs visés. Ces problèmes peuvent être certainement employés comme matériel de travail en classe.

La première tâche des professeurs interrogés est de caractériser les problèmes et d'évaluer leur utilisation en tant qu'outils de travail en classe. Un entretien s'amorce alors avec chaque enseignant. Les questions portent sur les demandes cognitives de chaque problème et sur les stratégies de résolution éventuelles des élèves. De plus, on interroge chaque enseignant pour savoir à quel point chaque problème constitue un problème technologique. Finalement sont approchées, durant les entretiens, les conceptions des enseignants à l'égard du statut de la connaissance technologique (le plan des questions utilisées dans les entretiens est présenté en Annexe 2). Il s'agit d'entretiens semi directs dont la durée a été d'une demi-heure jusqu'à trois quarts d'heure. Les entretiens sont enregistrés au magnétophone puis ils sont transcrits. Les axes principaux de l'analyse qualitative de ce corpus sont d'une part la caractérisation des problèmes et d'autre part les conceptions de la connaissance technologique. Ces éléments sont approchés par un recueil exhaustif et une analyse de toutes les phrases de chaque professeur portant signification sur les deux axes cités ci-dessus.

Résultats

Trois différentes conceptions de la technologie émergent de nos entretiens avec les cinq professeurs. Chacun des trois enseignants présentés par la suite représente une de ces différentes conceptions. Les notes (de 1 à 10)

données par chaque professeur aux trois problèmes sont écrites au dessus des tableaux 1 - 3 (Annexe 3 : chaque tableau se rapporte à un professeur). Des expressions caractéristiques des professeurs qui expliquent leurs choix sont présentés dans les premières colonnes des tableaux 1 - 3.

Notre matériel montre que les caractérisations des professeurs diffèrent de manière significative. Il semblerait que les aspects spécifiques des problèmes, - pas les mêmes d'un enseignant à l'autre - favorisent leur caractérisation comme des « thèmes technologiques ».

G. considère le troisième problème comme technologique par excellence. Le fait qu'il y ait des consignes sous forme d'étapes prescrites au problème 3 semble jouer un rôle important dans les caractérisations qu'il avance (Annexe 3, Tableau 1). Il est intéressant d'écouter sa réponse à la question « qu'est-ce qui manque pour que le 1er problème obtienne la note supérieure ? » :

Je donnerais la note supérieure si il était conçu en étapes ... certaines étapes doivent être suivies, il faut qu'il y ait un guidage ...

et plus loin il dit :

... c'est pourquoi, quand j'ai lu le troisième problème j'ai dit tiens ! Ceci est un problème technologique par excellence. Il est identique à ceux que l'on trouve dans des manuels avec des exercices d'atelier. En effet cela pourrait être une copie exacte de l'un d'eux.

Notre tâche suivante est de découvrir les conceptions de G. au sujet du statut de la connaissance technologique. Les expressions les plus caractéristiques sur ce sujet sont présentées dans la deuxième colonne du tableau (Annexe 3, Tableau 1). Il semble que pour lui la technologie est une application de la science. G. tient la science pour un corpus fermé, accompli, de connaissances théoriques, qui n'est pas appliqué dans la vie quotidienne mais qui devient appliqué par l'intermédiaire de la technologie. Son idée d'un corpus fermé de connaissances, au sujet de la science, semble être soutenue, sinon produite, par le contenu des manuels scolaires des sciences (Annexe 3, Tableau 1, dernière phrase de la colonne 2). Il considère la technologie comme plus dynamique d'une certaine manière que la science. Ceci vient du fait, selon lui, que la technologie est un énorme champ d'applications qui devient plus grand tout le temps.

A. procède à une classification différente (Tableau 2). Pour lui la présence d'un « mécanisme » dans le problème 1 fait que c'est un excellent problème technologique. Quand l'interviewer commente

vous considérez donc le 1er problème comme plus technologique, le 3° vient après

il dit

C'est ce que je pense, en raison des mécanismes impliqués.

Les conceptions d'A. sur le statut de la connaissance technologique indiquent qu'il considère la technologie comme application des Sciences (Annexe 3). Pourtant il affirme que la technologie peut également être un point de départ étant donné que toutes les investigations scientifiques sont basées sur des technologies existantes. La technologie offre les dispositifs pour la recherche. Elle soutient donc davantage d'investigations. Il prétend également que les mécanismes technologiques servent de champ de vérification des principes et des théories scientifiques. Son point de vue laisse apparaître une sorte de dialectique entre la science et la technologie. Cette dialectique n'est pas complète cependant parce qu'il ne se réfère pas à des cas où un problème technologique engendre des investigations scientifiques. Ceci explique peut-être la place du problème 2 dans sa classification.

C. donne la note la plus élevée au problème 2 créant une classification différente. Dans ses expressions nous découvrons l'idée d'un rapport dialectique complet entre la science et la technologie. (Annexe 3)

*La science et la technologie se complètent l'une et l'autre ... et plus loin comme l'évolution des sciences le montre, nous commençons par le problème et sur la route, nous développons des concepts partiels pour atteindre l'objectif, résoudre le problème. Une fois demandé « qu'est-ce qui est spécial au sujet du problème 2 qui le rend plus technologique que le problème 1 ? » il dit :
On peut traiter le problème 1 même empiriquement. Dans le problème 2 on doit approcher les concepts abstraits, qui sont fondamentaux.*

L'expression suivante de C. est également caractéristique : *Il serait très utile que le futur technicien puisse lire les livres et les manuels techniques, pour traiter des concepts de base... pour ne pas être simplement empirique.* Ces conceptions expliquent le classement du problème 2 en premier lieu aussi bien que le classement du problème 3, qu'il considère comme un problème de pure dextérité.

Discussion

Notre corpus montre que différents enseignants focalisent leur attention sur différents aspects des problèmes qui peuvent être employés comme matériel de travail dans des cours technologiques. Nos analyses ont fait apparaître des liaisons directes entre les caractérisations des problèmes et les conceptions respectives des enseignants du statut de la connaissance technologique. Plus ils considèrent que la technologie est une application de la science, plus ils tiennent pour technologiques des problèmes qui ne laissent pas beaucoup de place à la problématisation

et au questionnement. Dans ces cas-ci les techniques prescrites qui comportent du travail manuel sont considérées comme d'excellentes tâches technologiques. De l'autre côté plus le rapport entre la Science et la Technologie est vu comme dialectique plus les phases d'enquête sont bienvenues durant la résolution de problèmes.

Notre recherche fournit assez d'évidence que les choix de professeurs concernant l'utilisation du matériel didactique dans des cours technologiques sont liés à leurs conceptions respectives au sujet du statut de la connaissance technologique. Il vaudrait la peine d'examiner plus loin cette évidence particulièrement en adressant les questions à un plus grand nombre de professeurs. Des études de plus grande envergure pourront avoir lieu en commençant par la typologie des représentations avancée. Il serait intéressant, entre autres, en profitant de la typologie avancée, d'explorer les représentations des enseignants, sur le même sujet, dans des pays dont les traditions au sujet de l'enseignement technologique diffèrent, dans le cadre d'une recherche internationale.

Si notre conclusion est renforcée, des interventions pourraient être envisagées concernant :

- a. le contenu des cours préparatoires pour des professeurs de technologie : traiter des aspects importants de l'Histoire et de la Philosophie de la Technologie devrait peut-être devenir une partie importante de ces cours ;
- b. le choix des problèmes proposés dans les manuels scolaires des matières technologiques : il devient indispensable d'inviter les élèves, par l'intermédiaire des problèmes proposés, à l'enquête, la créativité, l'invention. Ceci pourrait non seulement contribuer à une approche holistique des thèmes technologiques, mais également inciter les professeurs à réévaluer ces aspects importants des thèmes technologiques.

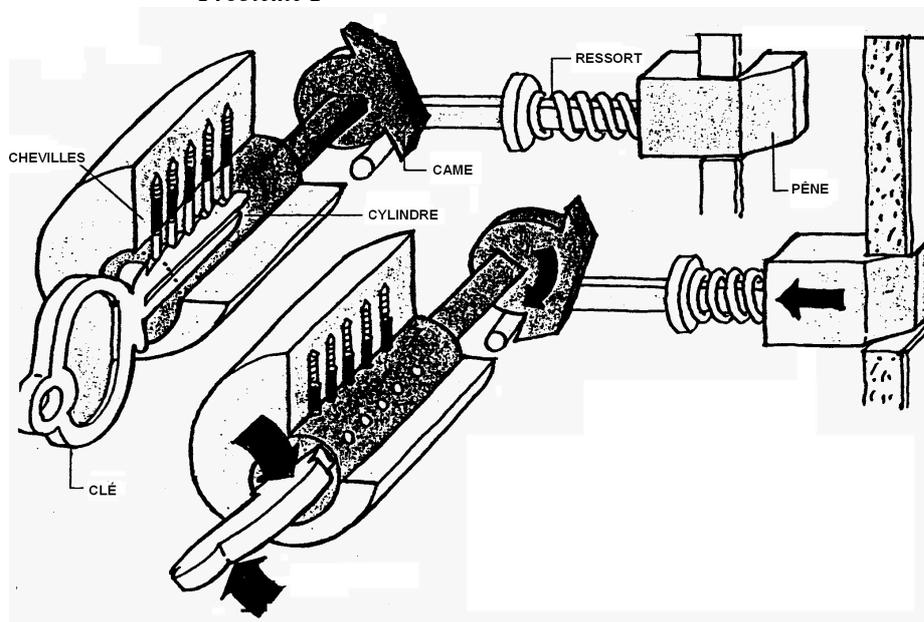
Références bibliographiques

- Amigues, R., Ginestié, J. & Johsua, S. (1994). La place de la technologie dans l'enseignement général et les recherches actuelles sur son enseignement. *Didaskalia*, 4, 57-72.
- Black, P. & Harrison, G. (1994). Technological Capability. *Teaching Technology, The Open University*, 13-19.
- Boilevin, J.M. (2005). Enseigner la Physique par situation problème ou par problème ouvert. *Aster*, 40, 13-37.
- Cajas, F. (1999). Public understanding of Science : Using technology to Enhance School Science in Everyday Life. *International Journal of Science Education*, 21(7), 765-773.
- Eggleston, J. (1994). What is design and Technology education? *Teaching Technology, The Open University*, 20-35.
- Gardner, P.L. (1994). Representations of the Relationship of Science and Technology in the Curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28
- Gil-Perez, 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, 309-320.
- Ginestié, J. (2000). Contribution à la constitution de faits didactiques en éducation technologique, Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Université de Provence.
- Graesser, A. & Olde, A. (2003). How does one know whether a person understands a device ? The quality of the questions the person asks when the device breaks down. *Journal of Educational Psychology*, 95(3), 524-536.
- Macaulay, D. (1988). *The Way Things Work*. Boston : Houghton Mifflin.
- Maiztegui, A., Acevedo, J.A, Caamano, A., Cachapuz, A., Canal, P., Carvalho, A.M.P., Del Carmen, L., Dumas-Carré, A., Garritz, A., Gil, D., González, E., Gras-Marti, A., Guisasolla, J., Lopez-Cerezo, J.A., Macedo, B., Martínez-Torregrossa, J., Moreno, A., Praia, J., Rueda, C., Tricárico, H., Valdés, P. & Vliches, A. (2002). Papel de la Tecnología en la Educación Científica : Una Dimensión Olvidada. *Revista Iberoamericana de Education*, 28, 129-155.
- Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue française de Pédagogie*, 138, 9-18.
- Pelpel, P. (2000). Pratiques et modèles pédagogiques de l'enseignement technique. *Revue française de Pédagogie*, 131, 43-54.
- Terlon, (1990). Attitudes des adolescent(e)s à l'égard de la technologie : Une enquête internationale. *Revue Française de Pédagogie*, 90, 51-60.

Annexe 1

Les trois problèmes

Problème 1



SERRURE A CYLINDRE

Lorsqu'on insère la clé, ceci lève les chevilles et libère le cylindre. Quand la porte est fermée, le ressort presse le pêne dans le châssis de la porte. Lorsqu'on tourne la clé, le cylindre se met en rotation et alors la came tire le pêne contre le ressort. Quand la clé est relâchée, le ressort pousse le pêne ce qui met le cylindre en rotation vers sa position initiale là où la clé peut être retirée.

N.B. On donne cette figure¹ et le texte qui l'accompagne aux élèves. Ils peuvent l'étudier pendant 5 minutes. Après on retire la figure et on met les élèves face à un « scénario de panne » p.ex.

La clé tourne mais le pêne ne bouge pas

Finalement on demande aux élèves de suggérer des explications possibles de la panne.

Problème 2

Vous avez devant vous quelques objets de matériaux différents. Quelle pièce est constituée du matériau le plus lourd ? Imaginez et réalisez expérimentalement une méthode de « juste comparaison »

N.B. Les objets donnés sont une petite pièce de marbre d'une figure irrégulière, un cube d'aluminium et quatre vis en étain. On ne donne aux élèves ni outils ni appareils. Il existe quand même dans l'atelier d'à côté des dynamomètres, des récipients cylindriques etc. que l'on peut donner aux élèves s'ils les demandent.

Problème 3

Vous avez une pièce d'un tuyau en cuivre dont le diamètre est $_$ -. Votre tâche est d'évaser le bout du tuyau.

N.B. Les élèves sont dans un atelier. On leur a donné un outil d'évasement ainsi qu'une fiche d'instructions détaillées pour réaliser l'évasement.

¹ (Macaulay, 1988. La même figure est utilisé dans un contexte différent du nôtre à Graesser & Oide , 2003)

Annexe 2

PLAN DES ENTRETIENS

Nous allons avoir une discussion sur trois problèmes qui sont utilisés ou pourraient être utilisés dans l'enseignement des disciplines techniques. Nous allons discuter sur les caractéristiques de ces problèmes ainsi que sur leur utilité : ce qu'ils peuvent fournir aux élèves et à l'enseignement. Vous aurez environ dix minutes pour étudier attentivement les trois problèmes.

On donne les énoncés des trois problèmes au professeur

Les notes qui sont en bas concernent le professeur. Elles n'apparaissent pas sur les fiches distribuées aux élèves.

 Quels sont vos premiers commentaires sur les problèmes ? Commençons si vous voulez, par le premier.

 Et le deuxième ? Qu'est-ce que vous en pensez ?

 Et le troisième ?

 Maintenant je vous propose d'évaluer à quel degré chaque problème est un problème technologique, un problème qui vaudrait la peine d'être utilisé en classe dans un cours technologique, n'importe quelle matière, pourvu qu'il s'agisse d'une matière technologique. Ne focalisez pas seulement sur le contenu mais aussi sur les activités et sur les opérations cognitives que ces problèmes peuvent engendrer chez les élèves. Il vous est demandé de donner une note à chaque problème dans une échelle de 1 à 10. Dix indique que le problème est clairement technologique suivant les critères mis en place auparavant.

 Selon votre classement, le problème X a la plus haute note, le problème Y vient après et le problème Z a une note inférieure.

Qu'est-ce qui est si spécial au problème X qui fait que vous le classez premier ?

Qu'est-ce qui manque au problème Z pour qu'il puisse être qualifié de technologique au même degré que les autres ?

 Maintenant nous allons aborder une autre question : celle de la relation entre Science et Technologie. D'après vous quelle est la relation entre les deux ?

 On entend souvent dire que la Technologie est une application des Sciences (Physique, Chimie, SVT etc.). Etes-vous d'accord avec ce point de vue ?

 Y a-t-il une certaine autonomie de la Connaissance Technologique ? Qu'est-ce qui différencie la Technologie de la Physique, la Chimie etc. ?

Annexe 3

Tableau 1

GIANNIS : [1] 8 [2] 2 [3] 10

CARACTERISATIONS	CONCEPTIONS DE LA CONNAISSANCE TECHNOLOGIQUE
<p><i>Le troisième est vraisemblablement, clairement, un problème technologique. Je donnerais 9 sur 10 ... Je pourrais même donner un 10 parce que c'est clairement technologique... même les manuels contenant des exercices d'atelier emploient cette méthodologie, ils ont le problème et ils prévoient des étapes, un guidage pour les apprentis.</i></p> <p><i>Le second, celui avec les objets, n'est pas un problème technologique. Je donnerais 2 points sur 10. Il comporte certains éléments technologiques qu'un élève devrait connaître déjà par les cours de physique du collège ou du lycée, mais il ne constitue pas un vrai problème technologique, un problème qu'un élève d'un cours technologique pourrait résoudre et qu'il pourrait concevoir comme une procédure, en étapes.</i></p> <p><i>En ce qui concerne le premier problème, je donnerais 8/10</i></p>	<p><i>Nos cours, génie mécanique ou génie électrique s'appuient sur des cours de physique ou de mathématiques.</i></p> <p><i>Le mathématicien applique quelques formules standards...nos objets sont plus proches de la vie quotidienne, plus proches des besoins humains...plus proches de machines, de la production. Leurs objets sont dans la sphère de l'imagination. Leur science n'est pas appliquée à la vie quotidienne de l'homme.</i></p> <p><i>Si tu jettes un coup d'œil sur un manuel de physique contemporain et puis sur un manuel de physique d'il y a 20 ans, ils sont essentiellement les mêmes. Au contraire en technologie l'évolution est continue. Les choses ne seront pas les mêmes au bout de 5 ou 10 ans.</i></p>

N.B : Dans les crochets est indiqué le nombre du problème.

Tableau 2

ANTONIS : [1] : 8 [2] : 3-4 [3] : 5

CARACTERISATIONS	CONCEPTIONS DE LA CONNAISSANCE TECHNOLOGIQUE
<p><i>A commencer par le problème 1, à mon avis il remplit la plupart des conditions - au moins plus que les deux autres problèmes - pour qu'il puisse être classé comme un problème technologique. Tout d'abord il a un mécanisme et, nous pourrions dire, un principe de fonctionnement.</i></p> <p><i>... ..tandis que le cas où l'on pèse les objets (problème 2) est expérimental. Ce n'est pas un problème du type : ça marche, ça ne marche pas.</i></p> <p><i>(problème 3) Je le classerais deuxième parce que ça concerne l'apprentissage d'une technique.</i></p> <p><i>- « vous considérez donc le 1er problème comme plus technologique, le 3ème vient après »</i></p> <p><i>C'est ce que je pense, en raison des mécanismes impliqués.</i></p>	<p><i>La technologie s'appuie sur des principes scientifiques...ceci signifie que nous avons une application des connaissances scientifiques pour créer des systèmes, des machines qui améliorent notre vie.</i></p> <p><i>De l'autre côté la technologie est aussi un point de départ pour la Science parce que, je m'imagine que toutes les expériences et les recherches scientifiques ont été soutenues par des technologies déjà existantes.</i></p> <p><i>Tu peux vérifier si certaines propositions sont correctes ou pas, ce que tu ne pouvais pas faire seulement dans l'esprit si tu n'observais pas le phénomène par l'intermédiaire d'un mécanisme technologique.</i></p>

Tableau 3

CHRYSANTHOS: [1]: 6 [2]: 8 [3]: 3

CARACTERISATIONS	CONCEPTIONS DE LA CONNAISSANCE TECHNOLOGIQUE
<p><i>A commencer par le problème 2, je donnerais un 8 ... parce que ça amène à beaucoup de choses, c'est principalement un problème technologique. Il joue avec des concepts qui aident les élèves à avancer vers d'autres choses.</i></p> <p><i>(problème 1) Je donnerais un 6 parce que c'est un problème de réflexion sur un mécanisme...bien sûr il exige des pré acquis : des cames, des ressorts... ça combine des mécanismes.</i></p> <p><i>(problème 3) Je ne sais pas s'il s'agit d'un problème technologique. C'est un problème de dextérité pure. Alors je donnerais 3 sur 10.</i></p>	<p><i>La science et la technologie se complètent l'une l'autre. Très souvent les thèmes technologiques aident dans l'approche des concepts de physique ou de mathématique. Ils servent de stimuli pour l'apprentissage.</i></p> <p><i>La technologie s'appuie sur la science mais elle évolue elle-même en se centrant sur « le faisable »</i></p> <p><i>Comme l'évolution des sciences le montre, nous commençons par le problème et sur la route, nous développons des concepts partiels pour atteindre l'objectif, résoudre le problème.</i></p>

Développement d'objectifs et d'activités d'apprentissage sur le corps humain par de futurs enseignants de maternelle : quels éléments prennent-ils en compte ?

Vassiliki Zogza et Marida Ergazaki

• Département des Sciences de l'Education (Section Préscolaire), Université de Patras, Grèce
zogza@upatras.gr
ergazaki@upatras.gr

Résumé

Nous présentons ici des éléments de développement d'activités d'apprentissage par les étudiant(e)s sur le thème du « corps humain ». Le but de ce travail consiste à déterminer la possibilité qu'ont les futurs enseignants de maternelle d'enseigner sur ce thème. Faisant partie d'un « processus d'apprentissage basé sur des problèmes » utilisé en cours de Didactique de la Biologie, nous fournissons à nos étudiants les idées des enfants âgés de quatre à sept ans et leur demandons d'élaborer un scénario d'enseignement comprenant les objectifs didactiques - d'apprentissage, le contenu scientifique des activités et des techniques didactiques précises. L'analyse des réponses des équipes d'étudiants vise à évaluer l'utilisation des idées des enfants dans la détermination des objectifs didactiques et la planification des activités d'apprentissages, à déterminer s'ils adoptent une approche traditionnelle ou constructiviste de l'enseignement par rapport au maniement des idées des enfants et s'ils présentent un savoir scientifique du thème à un degré satisfaisant, ainsi qu'à évaluer le genre de techniques didactiques et de matériel d'enseignement qu'ils proposent. Les résultats de l'analyse montrent que les futurs enseignants de maternelle restent attachés aux approches traditionnelles de l'enseignement par leur disposition à enrichir les connaissances des jeunes enfants, mais que cette disposition s'associe à des techniques dictées par des théories d'apprentissage actif. Les étudiant(e)s utilisent des connaissances scientifiques sur le thème en question et dégagent le savoir pédagogique du contenu à un niveau satisfaisant. La faiblesse fondamentale de presque toutes les réponses concerne l'absence d'une liaison explicite entre les idées des enfants et les objectifs didactiques.

Mots clés

Activités d'apprentissage – Corps humain – Développement des enseignants – Représentations mentales de l'apprenant – Savoir de l'enseignant

Abstract

This paper reports on specific elements in regard with the development of teaching-learning activities by educational students in the context of the “human body”. The objective of the study is to ascertain whether our future teachers are capable of an adequate presentation of this topic to young children. In the context of the “problem-based learning process” followed within the module of “Biology Didactics”, we present students with the relevant ideas of 4-7 year-old children and ask them to come up with an educational scenario which explicitly specifies the teaching-learning objectives and the scientific content of the proposed activities, as well as the didactic techniques to be employed. The answers of small peer-groups are analysed in regard with whether peers (a) actually consider children's ideas when defining their objectives and designing their activities, (b) adopt a traditional or a constructivist approach for developing children's ideas and (c) show adequate scientific knowledge of the topic, as well as in regard with what kind of didactic techniques and educational material they propose. According to our analysis, the informants of the study seem to be rather committed to the traditional view of the teaching-learning process as they set focus upon enriching children's knowledge themselves, but at the same time they are about to employ techniques which actually have to do with active learning theories. Finally, peers seem to use scientific knowledge about the topic and pedagogic content knowledge quite sufficiently, while their main difficulty is located in explicitly connecting the ideas of children with the didactic objectives to be pursued.

Key Words

Human body – Learners' conceptions – Teacher knowledge – Teacher development – Teaching-learning activities

Introduction à la recherche

Les programmes d'études actuels des futurs enseignants auprès d'enfants d'âge préscolaire semblent porter l'accent d'une part sur la construction d'un corpus de savoir spécialisé (Edwards & Knight, 2000 ; Garbett, 2003 ; Jacobs, 2001) relatif au développement des enfants, à l'enseignement, à l'apprentissage et au programme d'enseignement et d'autre part sur la capacité des futurs pédagogues à puiser dans ce dernier les outils théoriques qui conviennent à chaque fois de manière à élaborer et à réaliser des environnements d'apprentissage potentiellement efficaces pour leurs élèves. En effet, reconnaissant les limites de la conception traditionnelle de l'enseignement et de l'apprentissage, l'enseignant d'aujourd'hui est invité à imaginer des activités d'apprentissage riches en notions, capables de faire participer activement les enfants à l'élaboration du savoir, évoluant dans le cadre de programmes de nature holiste.

Dans le domaine des sciences naturelles, cela génère des difficultés supplémentaires car très souvent les enseignants auprès d'enfants d'âge préscolaire n'associent pas le savoir pédagogique au contenu scientifique. L'insuffisante connaissance du contenu scientifique de la part du maître (Garbett, 2003 ; Kalleri & Psillos, 2001) peut intervenir dans sa capacité à manier le processus didactique – d'apprentissage. En effet, le sentiment d'insécurité qu'elle procure peut éventuellement l'amener plus facilement à dominer la classe en usant de son autorité plutôt qu'à promouvoir la participation active des enfants, prenant alors le risque de s'exposer personnellement aux élèves (Carlson, 1991). De plus, l'expérience scolaire de la plupart des enseignants du premier degré et de l'éducation préscolaire réside principalement en un alignement passif sous la direction du maître et la mémorisation d'informations, de plus bien souvent hétéroclites (Elliot, 2000 ; Kelly, 2000 ; Watters, Diezmann, Grieshaber & Davis, 2001 ; Wolf-Watz, 2000). Cela influence grandement leurs attitudes personnelles tant à l'égard de la nature de la science que de l'approche didactique du contenu scientifique.

Les cours de didactique des sciences proposés par notre département ont pour objectif de donner aux futurs enseignants la possibilité d'associer les contenus de savoir scientifique – qu'ils construisent au travers de cours fondamentaux d'infrastructure conceptuelle – avec les données de la recherche contemporaine de la didactique sur les conceptions des jeunes enfants concernant le monde physique et biologique, et parallèlement de les exercer à l'élaboration d'activités didactiques – d'apprentissage dans le cadre du constructivisme en situation réelle.

Plus précisément, dans le cadre d'une refonte récente du programme d'études de la maîtrise, dans le domaine des Sciences Naturelles et de la Biologie, nous avons élaboré une série de leçons :

- a) de savoir scientifique de base (Sujets fondamentaux de la Biologie Humaine, Concepts fondamentaux d'Ecologie, Notions de Physique, Culture Scientifique) ;
- b) de savoir pédagogique du contenu scientifique (Didactique des Sciences Naturelles pour les premiers âges, Didactique des notions de la Biologie pour les premiers âges ;
- c) d'application des connaissances scientifiques et pédagogiques (Education à la santé/*Health Education*, Education à l'environnement/*Environmental Education*).

Cette refonte s'est appuyée sur le postulat suivant : si les futurs enseignants sont invités à élaborer des environnements d'apprentissage qui rendent la science accessible aux jeunes enfants par la recherche active, alors ils doivent avoir eux-mêmes le savoir scientifique, le savoir pédagogique et la capacité d'associer les deux de façon efficace.

Notre intérêt se focalise ici sur les questions suivantes : comment nos étudiants – futurs enseignants de l'éducation préscolaire développent et unifient un savoir provenant de diverses leçons, comment ils mettent en relation la base théorique de l'enseignement et la pratique choisie de cet enseignement. Autrement dit, comment ils traitent le décalage entre théorie et pratique.

Soucieuses de les impliquer dans un processus de réduction de ce décalage et voulant appliquer nos options théoriques concernant le constructivisme social (Rogoff, Matusov & White, 1996) dans l'enseignement et l'apprentissage, nous utilisons la méthode de l'apprentissage basé sur des problèmes (PBL, *problem-based-learning-procedure* ; Chappell & Hager, 1995 ; Peterson & Treagust, 2001) dans les leçons de Didactique de la Biologie. Soigneusement choisis, les problèmes d'élaboration d'environnement d'apprentissage doivent être compatibles avec des objectifs cognitifs spécifiques du programme national d'enseignement pour l'éducation préscolaire (Lovie-Kitchin, 1991). Plus précisément nous demandons à nos étudiants de proposer des scénarios d'enseignement complets, qui comportent les objectifs didactiques et le contenu scientifique des activités proposées, de même bien sûr que la description de l'approche didactique. Le cas que nous présentons ici concerne le corps humain.

Objectifs et questions de la recherche

L'objectif de ce travail est de déterminer la capacité didactique des futurs enseignants avec pour objet de savoir le corps humain. Nous intéressent précisément les questions suivantes :

- nos étudiants prennent-ils en compte les idées des enfants dans la détermination de leurs objectifs didactiques et de quelle façon ? En d'autres termes, restent-ils cohérents avec la perception constructiviste de la mise en doute et du développement des représentations des enfants ou bien penchent-ils en faveur de la pratique traditionnelle de la présentation d'informations supplémentaires à l'élève de manière à ce que ce dernier apprenne davantage ?
- utilisent-ils le savoir scientifique lié à l'objet à enseigner, entreprenant de le transformer de manière didactique de façon à construire à partir des idées des enfants ?
- utilisent-ils le savoir de la didactique de l'objet dans les choix des objectifs didactiques – d'apprentissage et dans le développement des activités en direction des enfants ?
- prévoient-ils de mettre en œuvre des méthodes didactiques impliquant activement l'élève ?
- dans quelle mesure sont-ils influencés par le contenu scientifique dans le choix du matériel éducatif ?

Méthodologie

Les participants et les conditions de mise en œuvre de la recherche

Au total, ce sont 33 étudiants de troisième année du Département des Sciences de l'Éducation et de l'Éducation Préscolaire de l'Université de Patras qui ont pris part à la recherche. Ils fréquentaient régulièrement le cours de Didactique de la Biologie et ont travaillé en groupes, 14 équipes de deux ou trois individus. Ayant déjà couvert une série de thèmes d'étude concernant la perception des jeunes enfants touchant la distinction animé/inanimé, les plantes et les animaux ainsi que les fonctions biologiques comme le développement ou la transformation, les étudiants sont invités, toujours dans le cadre de la leçon, à développer un environnement d'apprentissage concernant le corps humain dans les conditions réelles de la classe et en accord avec le programme national d'éducation préscolaire.

Plus précisément, le problème, sur lequel ils sont amenés à travailler avec le soutien d'une feuille de travail (voir Annexe), comporte des données de recherche concernant les idées des enfants quant à l'organisation interne du corps humain, les organes particuliers et leur fonctionnement, et demande aux étudiants d'ébaucher :

- les objectifs didactiques – d'apprentissage, les thèmes d'étude précis et leur contenu notionnel ;
- l'approche didactique, c'est-à-dire les activités constituant l'environnement d'apprentissage et la manière dont elles seront réalisées de façon à atteindre les buts qui leur sont assignés.

Les données de la recherche et leur analyse

Les données de la recherche sont constituées par les feuilles de travail complétées par les étudiants, autrement dit les réponses écrites de chaque équipe au problème précis d'élaboration de l'environnement d'apprentissage. L'analyse qualitative de ces réponses concerne les éléments pris en compte pour déterminer les objectifs didactiques – d'apprentissage de l'environnement planifié, l'approche didactique proposée et enfin l'évaluation de l'étayage théorique de leurs choix.

Nous avons pris en compte le concept du savoir de l'enseignant, ce stock de savoir lié à l'enseignement qui rend l'enseignant capable d'envisager un objet de façon didactique. D'après Peterson et Treagust (2001) le savoir de l'enseignant est constitué (a) du savoir relatif au contenu scientifique, (b) du savoir du savoir associé (Treagust, Duit & Fraser, 1996) des élèves et (c) d'un savoir pédagogique plus large.

Le savoir du contenu scientifique comporte

- a) le savoir de la science correspondante (concepts, procédures et nature de la science : Grossman, Wilson & Shulman, 1989) ;
- b) du savoir pédagogique du contenu (*pedagogical content knowledge* : Brown, 1992 ; Schulman, 1986).

Cependant, le savoir pédagogique du contenu est pour nous davantage perceptible comme une liaison entre le savoir du contenu scientifique et la connaissance des représentations des élèves et comprend aussi bien des données subjectives que des explications établies par la recherche des sources de difficultés d'un thème comme elles se reflètent dans les représentations mentales des enfants. On pourrait considérer que le savoir pédagogique du contenu qui alimente essentiellement la transformation didactique qu'entreprend l'enseignant correspond au savoir didactique d'un objet.

Sur la base des observations ci-dessus, nous avons adopté un schéma d'analyse formé de deux axes : (a) le savoir de l'enseignant et (b) la réflexion pédagogique dans la transformation didactique. Le savoir de l'enseignant a été analysé quant à :

- l'usage du savoir des élèves (a) dans la détermination du niveau et du thème à enseigner et (b) dans l'approche didactique ;
- l'usage du savoir scientifique dans l'établissement des objectifs didactiques et dans le scénario d'enseignement proposé ;

- l'usage du savoir pédagogique du contenu (ou, autrement, le savoir didactique de l'objet) dans l'établissement des objectifs didactiques et dans le scénario d'enseignement proposé. Nous avons considéré qu'il s'exprime dans la manière dont il est prévu de modéliser les idées des enfants au cours de l'enseignement par rapport au contenu scientifique et la catégorisation des réponses des étudiants s'est appuyée sur les principes de base de la didactique de l'objet.

La réflexion pédagogique dans la transformation didactique de l'objet dans le but de planifier l'environnement d'apprentissage a été analysé quant à :

- l'étayage théorique de l'enseignement et de l'apprentissage ;
- l'approche didactique (méthodologie et techniques) ;
- le matériel d'enseignement utilisé.

Enfin, il est à noter que l'axe particulier d'analyse étayage théorique de l'enseignement et de l'apprentissage comprend en réalité une interprétation qui nous est propre des réponses des étudiants en fonction de l'approche didactique proposée (méthodologie et techniques d'enseignement). Nous dépistons ici l'expression non dite et légèrement sous-entendue ou explicite du fondement théorique par rapport au choix de la méthodologie (constructivisme versus approche traditionnelle).

Résultats

Analyse des données concernant le savoir de l'enseignant

Le problème (voir annexe) comporte les connaissances issues des recherches en sciences de l'éducation et en didactique des disciplines sur les idées des élèves. La feuille de travail donnée aux étudiants leur demande de tenir compte des idées des élèves pour définir les objectifs didactiques et pour concevoir l'environnement d'apprentissage. Les réponses des étudiants sont analysées par rapport à l'utilisation de la connaissance des élèves, à la définition du niveau et du thème à enseigner et à l'approche didactique. Le problème n'offre pas de connaissances scientifiques de l'objet d'enseignement et nous attendons que les étudiants expriment ces connaissances quand ils définissent les objectifs didactiques, les objectifs d'apprentissage, les thèmes à étudier et leur contenu conceptuel. Plus précisément, nous attendons qu'ils proposent des concepts de base en biologie comme association des organes d'un système et fonctionnement du système organique ou accent aux fonctions naturelles et à la santé.

En parallèle, l'expression du problème ne comporte pas une connaissance didactique et pédagogique de l'objet d'apprentissage (*pedagogical content knowledge*). Ce type de connaissances fait partie du cours suivi par les étudiants (Didactique de la Biologie), telles qu'une analyse épistémologique de la biologie, l'émergence de la pensée biologique et des représentations mentales en biologie, les idées des enfants et les obstacles cognitifs concernant la compréhension des notions biologiques particulières. Dans ce contexte, nous attendons que les étudiants proposent des principes de base comme la recherche de la pensée systémique en organisant les organes en systèmes, l'effort pour le rappel du savoir inné par rapport aux fonctions du corps humain, l'effort pour la liaison entre les éléments perceptibles d'une fonction et les éléments imperceptibles (déplacement de l'extérieur à l'intérieur du corps humain par exemple) et, enfin, la mise en relation entre le fonctionnement systémique et les problèmes de santé.

Utilisation du savoir des élèves dans l'établissement des objectifs didactiques et l'approche didactique

(a) Utilisation du savoir des élèves dans la détermination des objectifs didactiques

D'après nos résultats (Tableau 1) les participants prennent en compte les idées des enfants mais ne justifient pas théoriquement le choix de leurs objectifs didactiques : quatre des 14 équipes choisissent d'enseigner uniquement sur les systèmes à propos desquels il s'avère exister un savoir chez les jeunes enfants (systèmes digestif, circulatoire et musculaire et osseux), huit équipes s'assignent comme objectif d'autres systèmes apparaissant plus rarement dans les connaissances des enfants de cet âge. Dans cette catégorie, le système respiratoire est le plus choisi, justifié par le fait que les enfants sont familiers du processus respiratoire et la respiration est une fonction très importante.

Globalement, la moitié des équipes considèrent utile de donner aux enfants de nouvelles informations dans les objectifs didactiques qu'ils proposent sans que cela soit exactement en accord avec le niveau de connaissance des enfants. Ces nouvelles informations varient en fonction du système d'organes et des données disponibles sur les idées des enfants le concernant. En réalité, comme c'est le cas du système respiratoire, nos étudiants veulent ajouter beaucoup de nouveau savoir là où précisément il n'existe pas suffisamment d'éléments sur le savoir des enfants.

(b) Utilisation du savoir des élèves dans l'approche didactique : le maniement du savoir des jeunes enfants

La plupart des objectifs didactiques comprennent le développement des idées des enfants et leur organisation (ce qui peut être éventuellement attribué à une attitude constructiviste, catégorie A) et leur enrichissement étendu ou l'accumulation de davantage d'informations, de davantage d'organes ou de systèmes (ce qui peut être attribué à une optique traditionnelle de l'enseignement, catégories C et D). Les objectifs communs aux trois catégories étaient que : (1) les élèves apprennent les organes et les relient entre eux, (2) il existe une introduction au fonctionnement des systèmes. Pour le système digestif en particulier, les objectifs étaient que les enfants prennent conscience qu'il existe deux issues. Pour le système musculaire et le squelette il s'agissait qu'ils se rendent compte que sans les os le corps serait un sac informe et que les os se relient entre eux et avec les muscles pour que se produisent les mouvements.

Tableau 1. *L'emploi du savoir des élèves*

Choix des thèmes	Emploi des idées des élèves	Equipes
A. Choix de systèmes dont les organes sont mieux connus et plus souvent représentés (digestif, circulatoire, musculaire et osseux)	Organisation et développement	(1), (2), (4), (13)
B. Choix de systèmes dont les organes sont mieux connus et plus souvent représentés et système respiratoire	Organisation, développement et enrichissement du savoir	(9), (12), (14)
C. Choix de systèmes connus et (les) moins connus des enfants (respiratoire, cerveau, rénal)	Organisation et enrichissement étendu	(3), (5), (6), (7), (11)
D. Organes dans le corps : emplacement et dénomination	Enrichissement, augmentation des zones de savoir	(8), (10)

Savoir scientifique et savoir pédagogique dans l'expression des objectifs didactiques et dans le scénario d'enseignement proposé

Les réponses des étudiants ont été analysées par rapport au savoir scientifique exprimé concernant le corps humain (Tableau 2) pour évaluer dans quelle mesure la détermination des objectifs didactiques repose sur des connaissances de la didactique de l'objet (Tableau 3). Le niveau de la connaissance scientifique exprimée est considéré comme suffisant dans le cas où les étudiants citent la liaison des organes d'un système entre eux et le fonctionnement conséquent du système organique ainsi que la mise en relation entre le fonctionnement normal d'un système et la santé, tandis que le niveau est considéré comme insuffisant quand les étudiants se réfèrent simplement aux organes du corps sans les lier entre eux.

Tableau 2. *Le savoir scientifique lié au corps dans le contenu des objectifs didactiques*

Savoir scientifique	Equipes
Suffisant : liaison des organes d'un système & fonctionnement du système des organes	(1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (9), (11), (12), (13), (14)
Suffisant : accent porté sur les fonctions physiologiques et la santé	(2), (3), (4), (5), (6), (11), (12)
Insuffisant : accent porté sur la dénomination des organes et leur situation dans le corps	(8), (10)

Tableau 3. Le savoir pédagogique lié au corps
(ou savoir de la didactique du corps) dans le contenu des objectifs didactiques

Savoir pédagogique ou savoir de la didactique du corps	Equipes
Visent la pensée systémique : Les organes comme partie de systèmes de fonctionnement – organisation et mise en relation des éléments dispersés de savoir	(1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (9), (11), (12), (13), (14)
Visent la compréhension des éléments non perceptibles par le biais d'éléments perceptibles d'un fonctionnement – procédé physiologique (transport de l'extérieur vers l'intérieur, du niveau macro au niveau micro)	(3), (6), (9), (13), (14)
Visent le rappel d'un savoir inné	(3), (4), (6), (14)
Visent l'application de relations fondamentales pour les êtres vivants (relation entre structure et fonctionnement, entre les fonctionnements des organes ou entre les systèmes et la santé)	(12), (13), (14)
Visent à inciter au raisonnement analogique (des animaux et des poupées à l'être humain)	(1), (2), (4), (13)
Non détectable	(8), (10)

D'après nos résultats donc, à l'exception de seulement deux équipes, la plupart des étudiants présentent un savoir scientifique lié au corps humain à un niveau suffisant. De même, à l'exception de ces deux mêmes équipes, ils font montre d'un savoir de la didactique de l'objet. Le savoir de la didactique de l'objet ou autrement dit le savoir pédagogique de l'objet contient des principes de base comme l'organisation des organes en systèmes et des relations comme la relation structure – fonctionnement, en liaison avec des pratiques d'investigation d'éléments non perceptibles et de leur relation avec des éléments perceptibles, rappel du savoir inné relatif aux fonctionnements du corps, liaison de l'organisation systémique avec le fonctionnement et enfin relation avec des questions de santé.

Les équipes (12), (13) et (14) par exemple relient les systèmes digestifs et respiratoire avec la santé : introduction des éléments d'attitudes et de comportements positifs pour la protection et le meilleur fonctionnement des organes du système. De la même façon, la plupart des équipes pensent à organiser le savoir partiel et éclaté des élèves quant aux organes du corps dans des systèmes d'organes. Notons néanmoins qu'on pourrait considérer que le problème dans le cadre duquel travaillent les étudiants ici leur dicte à un certain point un tel choix qui consiste dans une idée biologique très basique.

Analyse de la réflexion pédagogique dans la transformation didactique pour l'élaboration de l'environnement d'apprentissage

Étayage de l'enseignement, approche didactique, activités

Comme nous l'avons déjà évoqué, il nous importe aussi de préciser quel est, quant à l'enseignement et à l'apprentissage, le point de vue le plus répandu parmi nos étudiants, s'ils choisissent des techniques didactiques adaptées et comment les influence l'objet à enseigner dans le choix du matériel d'enseignement. Les résultats correspondants sont présentés dans les Tableaux 4, 5 et 6.

Tableau 4. L'étayage théorique de l'enseignement

L'étayage théorique de l'enseignement	Equipes
Approche constructiviste : apprentissage actif (non dit)	(1), (2), (4), (13)
Approche constructiviste : conflits cognitifs (explicite)	(9)
Approche traditionnelle : empirisme (non dit)	(3), (7), (8), (12)
Approche contradictoire : traditionnelle et constructiviste	(5), (6), (10), (11), (14)

Etant donné que le problème ne requerrait pas clairement de la part des étudiants qu'ils déclarent le fondement théorique de leur approche didactique, nous faisons appel aux techniques qu'ils proposent pour dépister le soubassement théorique sur lequel ils appuient leur proposition didactique sur le corps humain. Nous aboutissons ainsi au constat suivant :

- cinq des 14 équipes semblent entreprendre une approche constructiviste dans l'enseignement, l'une seulement le déclarant explicitement ;
- quatre équipes semblent se situer davantage du côté d'une conception traditionnelle de l'enseignement, puisque d'après leurs propos
 - *Le maître explique l'importance des organes comme les reins et le cerveau* (équipe 7) ;
 - *nous donnons des informations sur des choses qu'ils ne connaissent pas* (équipe 8) ;
 - *nous partons des dessins et des idées des enfants sur l'intérieur du corps, nous montrons une représentation réelle des organes de l'intérieur du corps tirée d'une encyclopédie pour jeunes enfants, nous dénommons les principaux organes, nous parlons de leur fonctionnement* (équipe 12) ;
- cinq équipes expriment des points de vue contradictoires quant au choix des techniques et des objectifs didactiques. Plus précisément, les équipes (5), (6), (10), (11) et (14) se posent comme objectif d'enrichir les idées des enfants dans une large mesure, chose qui reflète la conception traditionnelle de l'enseignement et de l'apprentissage, alors qu'ils mettent en œuvre des techniques compatibles avec la conception constructiviste (voir Tableau 5), par exemple le jeu de rôles, la discussion-confrontation (un dialogue guidé pour le développement des idées qui comporte un conflit cognitif dans le cas d'un groupe).

Tableau 5. Les techniques didactiques

Techniques didactiques	Equipes
- jeu - jeu de rôles - pantomime – emploi d'analogies	(1), (2), (5), (6), (9), (13)
- explore ton corps – médecin (focalisation sur des éléments immédiatement perceptibles)	(3), (4), (5), (6), (9), (13), (14)
Soin à un animal en croissance – emploi d'analogies	(4)
Construction de modèles – emploi d'analogies	(3), (4), (5), (7), (9), (11), (12)
Discussion- confrontation (dialogue guidé pour le développement des idées)	(3), (6), (9), (10), (11), (12), (13), (14)
- dessin collectif - mise en place des organes par collage - classement de cartes	(8), (9), (10), (14)

D'après le tableau ci-dessus, près de la moitié des équipes souhaitent utiliser le jeu ou le jeu de rôles comme techniques didactiques impliquant activement les élèves, s'adressant non seulement au niveau cognitif mais aussi au niveau émotionnel. La discussion avec les enfants est proposée par plus de la moitié des équipes comme une technique permettant de dépister d'emblée les idées initiales des enfants pour ensuite les inciter à commencer par les éléments de fonctionnement du corps immédiatement perceptibles et à continuer progressivement vers la compréhension d'autres types d'éléments (par exemple : Qu'est-ce qui se passe quand nous respirons ?, Où va l'air ?). Elle permet aussi de façonner et de contrôler les idées des enfants. Le dessin, le collage et le classement de cartes constituent de même des activités proposées aussi bien au niveau individuel que coopératif.

Le matériel que nos étudiants se proposent d'utiliser pour enseigner le corps est directement articulé au thème et à ses spécificités. Reconnaissant la difficulté d'une approche cognitive des choses auxquelles nous n'avons pas un accès direct par les sens comme la vue, les étudiants choisissent comme matériel d'enseignement diverses représentations de l'intérieur du corps humain (photographies de nature scientifique, radiographies, modèles du corps humains, images) mais choisissent moins souvent le récit ou la dramatisation théâtrale de quelque histoire (Tableau 6).

Tableau 6. Le matériel d'enseignement

Matériel d'enseignement	Equipes
Supports audio-visuels : - photographies de l'organisation interne (encyclopédie pour les enfants d'âge préscolaire) : (3) et (12) - vidéos : (4) et (10) - radiographies des parties du corps : (13) - cartes, images : (9) et (10)	(3), (4), (9), (10), (12), (13)
- Grands dessins et silhouettes du corps humain dessinées sur le sol	(1), (2), (5), (10), (13)
- poupées en tissu, poupées articulées	(4), (5), (10)
- histoires, contes - scénario de théâtralisation	(1), (2), (9)

Enfin, il convient de noter que nos étudiants exploitent une variété de techniques didactiques et de matériel d'enseignement de manière à réaliser leurs objectifs didactiques sur la base des données du problème. En d'autres termes, il semble qu'ils connaissent suffisamment de techniques didactiques, y compris pour introduire des notions exigeantes telles que celles relatives au corps. Cependant, si nous entreprenons de mettre en relation leurs options théoriques concernant l'enseignement et l'apprentissage avec les techniques didactiques qu'ils proposent, nous constatons une relative inconséquence, peut-être indicative d'une période de transition dans leur réflexion, d'une approche traditionnelle vers une approche constructiviste de la pratique enseignante.

Discussion

Les résultats de l'analyse des réponses de nos étudiants nous permettent de commenter leur capacité à enseigner sur l'objet précis de notre étude. Il semble ainsi que nos étudiants évoquent et utilisent un savoir scientifique et pédagogique du contenu relatif au thème du corps humain et de ses fonctionnements. Ce savoir pédagogique du contenu décrit des notions essentielles du domaine de la biologie comme le révèle le contenu des objectifs didactiques – d'apprentissage de notre échantillon. Ces derniers contiennent l'organisation des organes en systèmes ainsi que la relation entre structure et fonctionnement. De plus, la difficulté que présente la discussion pour les éléments non perceptibles par les sens les conduit à proposer des relations entre éléments perceptibles d'un fonctionnement et éléments non perceptibles, ou à évoquer un savoir inné relatif aux fonctions physiologiques.

Nos étudiants, futurs enseignants de maternelle, semblent familiers de la didactique des sciences naturelles en direction des jeunes enfants à un degré satisfaisant. Cela est visible dans les outils socioculturels qu'ils se proposent d'utiliser dans le diagnostic des idées des enfants et dans l'échelonnement correspondant de leur enseignement. Il leur plaît d'employer la discussion en prenant les expériences perceptibles au quotidien comme point de départ, de mettre leurs jeunes élèves à dessiner puis de discuter sur la base de ces dessins pour leur donner ensuite le temps et les moyens de développer leurs idées initiales.

En conclusion, les points requérant davantage d'attention et d'analyse sont au nombre de deux. Le premier problème concerne l'expression des objectifs didactiques – d'apprentissage qui doivent prendre en compte les idées initiales des enfants. Les participants à la présente recherche ne semblent pas percevoir la façon dont ils devraient utiliser les idées de leurs élèves, bien que leurs leçons contiennent des exemples de définition des objectifs. Il semble donc qu'il soit nécessaire de systématiser les exercices de ce type.

L'autre problème déposé ici réside dans l'écart entre le savoir théorique lié à la psychologie de l'élève et aux théories pédagogiques et l'approche didactique proposée pour le thème en question. Ainsi, d'après les résultats concernant la proposition didactique de nos étudiants sur le corps humain, il semble exister une discordance entre le fondement théorique, qu'on peut dépister à partir de la rédaction des objectifs didactiques, et celui qui prévaut aux techniques didactiques proposées. En d'autres termes, dans la définition des objectifs didactiques nos étudiants semblent davantage embrasser le point de vue traditionnel sur l'enseignement – le maître est le savant qui transmet le savoir à ses élèves – alors que dans leurs propositions de techniques didactiques ils semblent davantage souscrire au point de vue constructiviste.

Même si notre échantillon est trop peu nombreux pour autoriser des généralisations, il nous permet de définir avec certitude les questions de la prochaine recherche sur la marche du développement des futurs enseignants de maternelle. En particulier il vaudrait la peine que nous trouvions le moyen de promouvoir une voie claire de définition des objectifs didactiques – d'apprentissage pour cette thématique mais aussi d'autres thématiques d'enseignement, ainsi que les moyens de rendre une attitude didactique non explicite et subjective, explicite, justifiée et applicable à tous les stades de la transformation didactique.

Références bibliographiques

- Brown, C.A. (1992). Becoming a mathematics teacher. In D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 209-239). New-York : MacMillan.
- Carlson, W.S. (1991). Subject-matter knowledge and science teaching: A pragmatic perspective. In J. Brophy (Ed.), *Advances in research on teaching* (pp. 115-143). Greenwich, CT : JAI Press.
- Chappell, C.S. & Hager, P. (1995). Problem-based learning and competency development. *Australian Journal of Teacher Education*, 20, 1-7.
- Edwards, A., & Knight, P. (2000). *Subjects and the early years curriculum in effective early years education : Teaching young children*. Philadelphia : Open University Press, 123-142.
- Garbett, D. (2003). Science Education in Early Childhood Teacher Education : Putting Forward a Case to Enhance Student Teachers' Confidence and Competence. *Research in Science Education*, 33, 467-481.
- Grossman, P.L., Wilson, S.M. & Shulman, L.S. (1989). Teachers of substance : Subject matter knowledge for teaching. In M. Reynolds (Ed.), *The knowledge base for beginning teachers* (pp. 23-36). New-York : Pergamon.
- Hatano, G. & Inagaki, K. (1994). Young children's naïve theory of biology. *Cognition*, 50, 171-188.
- Hatano, G. & Inagaki, K. (1997). Qualitative changes in intuitive biology. *European Journal of Psychology of Education*, 12(2), 111-130.
- Jacobs, G. (2001). Providing the scaffold : A model for Early Childhood /Primary Teacher Education. *Early Childhood Education Journal*, 29(2), 125-130.
- Kallery, M., & Psillos, D. (2001). Pre-school teachers' content knowledge in science : Their understanding of elementary science concepts and of issues raised by children's questions. *International Journal of Early Years Education*, 9(3), 165-179.
- Kelly, J. (2000). Rethinking the elementary science methods course : A case for content pedagogy, and informal science education. *International Journal of Science Education*, 22(7), 755-777.
- Lovie-Kitchin, J. (1991). Problem-based learning in optometry. In D. Boud, & Feletti (Eds.), *The challenge of problem-based learning* (pp. 194-202). London : Kogan Page.
- Peterson, R.F. & Treagust, D.F. (2001). A problem-based learning approach to Science Teacher Preparation. In D.R. Lavoie & W.M. Roth (Eds.), *Models of Science Teacher Preparation* (pp. 49-66). Netherlands : Kluwer Academic Publishers.
- Ravanis, K. & Bagakis, G. (1998). Science Education in kindergarten : Sociocognitive perspective. *International Journal of Early Years education*, 6(3), 315-327.
- Rogoff, B., Matusov, E. & White, C. (1996). Models of teaching and learning : Participation in a community of learners. In D.R. Olson & N. Torrance (Eds.), *The handbook of education and human development* (pp. 388-414). Oxford, UK : Blackwell.
- Schulman, L.S. (1986). Those who understand : Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Teixeira, F.M. (2000). What happens to the food we eat ? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22, 507-520.
- Treagust, D.F., Duit, R. & Fraser, B.J. (1996, Eds.). *Improving teaching and learning in science and mathematics*. New-York : Teachers College Press.
- Watters, J., Diezmann, C., Grieshaber, S. & Davis, J. (2001). Enhancing science education for young children : A contemporary initiative. *Australian Journal of Early Childhood*, 26(2), 1-7.
- Wolf-Watz, M. (2000). Student teachers' beliefs about science. *Journal of In-service Education*, 26(2), 403-413.
- Zogza, V. & Papamichael, Y. (2000). The development of the concept of alive by preschoolers through a cognitive conflict teaching intervention. *European Journal of Educational Psychology*, 10, 191-205.
- Zogza, V. & Gritsi, F. (2000). *The development of ideas of pre-school children regarding the organization and function of human body organs through a socio-cognitive intervention*. Paper at the 3rd Conference of ERIDOB, Santiago de Compostella, Spain.
- Zogza, V. & Christopoulou, G. (2005). Where do babies come from ? : Ideas of five years old children about reproduction and birth. In M. Ergazaki, J. Lewis & V. Zogza (Eds.), *Trends in Biology Education Research in the New Biology Era* (pp. 59-71). Patras : Patras University Press.

Annexe

Le problème

« En cherchant des informations dans la bibliographie relative à ce sujet et/ou en menant une petite recherche dans votre école, vous regroupez les découvertes ci-dessous » :

_ A l'intérieur de leur corps, les enfants dessinent « le ventre », l'estomac, les os, le cœur, les veines et l'alimentation. Poumons, reins et cerveau apparaissent peu dans leurs dessins.

_ La plupart des enfants dessinent du sang, rouge d'ordinaire, répandu dans tout le corps ou concentré dans certaines régions du corps ; les enfants le dessinent aussi par des lignes rouges discontinues qui représentent de petites veines que peu d'enfants relient au cœur.

_ La plupart des enfants dessinent un os à un certain endroit du corps. Le plus grand nombre d'entre eux cependant dessine des os disséminés dans tous le corps sans les relier entre eux ni avec les muscles. Aucun enfant ne dessine de muscle. Peu d'enfants dessinent les os reliés entre eux. La forme des os est de ceux que mangent les chiens (comme elle est typiquement employée dans les représentations). Dans quelques cas, les os sont reliés entre eux et apparaissent aussi les os du crâne.

_ La plupart des enfants dessinent la bouche, « le ventre » ou l'estomac sans les relier, certains enfants relient la bouche à l'estomac par un ou deux tuyaux et très peu d'enfants dessinent une sortie au système digestif. Ils dessinent aussi des pans entiers de l'alimentation à l'intérieur du corps, soit dans le tuyau soit dans le ventre voire dans d'autres parties du corps.

Imaginons que vous deviez élaborer un environnement d'apprentissage dans le domaine de savoir du corps humain en prenant en compte les informations ci-dessus. Exprimez les objectifs de l'environnement que vous élaborerez, soit :

_ Sur quels organes ou systèmes d'organes vous concentrerez-vous et pourquoi (justifiez votre réponse) ?

_ Que vous proposez-vous d'améliorer exactement dans les représentations des élèves et pourquoi (justifiez votre réponse) ?

_ Quels types d'activités d'enseignement vous aideront-ils à atteindre les objectifs que vous vous êtes fixés d'après les éléments de recherche donnés » ?

Des professeurs des écoles face à l'enseignement de l'évolution à l'école primaire française

Corinne Mairone et Jean-Jacques Dupin

• Equipe Gestepro, U.M.R. A.D.E.F., Université de Provence
 c.mairone@aix-mrs.iufm.fr
 jj.dupin@aix-mrs.iufm.fr

Résumé

A l'heure actuelle, parler d'évolution du vivant à l'école revient à aborder un sujet pouvant être polémique, socialement voire religieusement et politiquement sensible. La façon dont les enseignants perçoivent ce sujet sensible peut influencer sur leur enseignement. L'entrée par la question du rapport au savoir peut donc être productive pour étudier cette question. Les rapports institutionnels et les rapports personnels (Chevallard, 1992 ; Maury & Caillot, 2003) sont des concepts clés pour analyser les situations de classe. Dans un premier temps, l'analyse des prescriptions institutionnelles de l'école primaire permet de repérer les attentes de l'Institution et de définir un rapport institutionnel. Dans un second temps, un questionnaire écrit tente de repérer le rapport que les enseignants de cycle 3 (niveau 3 à 5 de l'école primaire) entretiennent avec la notion d'évolution, hors et dans leur classe, et les influences éventuelles que cela pourrait avoir sur leur choix d'enseigner ou non l'évolution ou sur la façon dont ils l'enseigneraient. C'est ici la notion de rapport personnel qui est envisagée.

Mots clés

Ecole primaire – Evolution du vivant – Rapport institutionnel – Rapport personnel

Abstract

Now, teaching the scientific theory of evolution can promote some controversy, this subject being socially, politically or religiously sensitive. Teachers attitude towards this part of knowledge can influence their choices for teaching. So the concept of relationship to knowledge can be useful to study this question. Institutional and personal relationships are keys concepts (Chevallard, 1992 ; Maury & Caillot, 2003) to analyse class situations. Firstly, the analysis of primary school curricular instructions has enabled us to define institutional expectations and to establish an institutional relation towards knowledge. Secondly, we have carried out a survey among primary school teachers (from grade 3 to 5 of French primary school) through a written questionnaire which revealed the relation towards knowledge they have concerning the notion of evolution, outside and inside school, and its possible influence on their choice to teach the theory of evolution or on how to teach it. In this second part, the notion of personal relation is considered.

Key Words

Evolution – Institutional relationship – Personal relationship – Primary school

La notion d'évolution : un enseignement susceptible de créer des polémiques ?

A l'école comme ailleurs, les savoirs ne sont pas neutres ; ils peuvent interpeller les convictions idéologiques et culturelles des individus (Aroua, Coquidé & Abbes, 2001 ; Ben Abderahmane, 2000). Des études récentes (Aroua, 2006) montrent les interactions qui peuvent exister entre croyances religieuses des élèves et enseignement de l'évolution du vivant. Dans un certain nombre de pays, divers groupes de pression ont pu s'emparer de la question de l'enseignement de la théorie de l'évolution, exigeant qu'il soit mis en concurrence avec les thèses créationnistes. De récents sondages montrent que trois américains sur quatre, 40% des britanniques (enquête BBC) et 37% des allemands adhèrent aux théories de la création pour expliquer la variété des espèces sur Terre. En France, si les grandes églises ne manifestent aucune opposition à l'enseignement de la

théorie scientifique, des tentatives se font jour pour populariser les approches créationnistes : par exemple, tout récemment, un groupe musulman orthodoxe très minoritaire a fait parvenir, en très grand nombre, un ouvrage aux enseignants défendant un point de vue religieux. Des institutions telles que l'Université Interdisciplinaire de Paris soutiennent des thèses proches de celles du *Intelligent Design* américain qui visent à donner une crédibilité scientifique à la science dite de la création. La chaîne de télévision *Arte* a créé récemment une polémique en diffusant sans aucune précaution une émission présentant le dessein intelligent comme théorie scientifique. Ceci a relancé le débat en France. De nombreux ouvrages de vulgarisation sont parus sur la question (Gould, 2000 ; Lecourt, 1998). Mais, à ce jour en France, il paraîtrait abusif de parler de cet enseignement comme d'une question socialement vive, au sens où les auteurs qui ont introduit cette catégorie en parlent (Simonneaux, 2003). Elle n'est sûrement pas triplement vive au sens de Legardez et Simonneaux (2006) : vive dans la société, vive dans les savoirs de référence, vive dans les savoirs scolaires. Cependant, il semble que l'enseignement de l'évolution soit peu répandu dans l'école primaire française alors qu'il est officiellement au programme. Le travail présenté ici est une étape dans une recherche visant à comprendre les raisons de cet oubli.

Cadre théorique de l'étude et questions de recherche

Notre travail s'inscrit en premier lieu dans le contexte théorique de la transposition didactique (Chevallard, 1985 ; Johsua & Dupin, 1993 ; Verret, 1975). Le texte du savoir à enseigner (programmes et instructions officielles) présente les objectifs à atteindre et les compétences à développer, les activités possibles à mettre en œuvre. L'étude des programmes permet d'analyser les choix du système éducatif en termes de connaissances mais aussi de valeurs. Nous traitons aussi de la question du rapport au savoir en nous plaçant, non pas du côté du sujet (Beillerot, 1989 ; Charlot, 2002 ; Hatchuel, 2005) mais du côté du savoir lui-même (Chevallard, 2003 ; Maury & Caillot, 2003). Nous retenons (Mairone & Dupin, 2005), de cette approche anthropologique, trois notions majeures, celles d'institution où la volonté didactique se manifeste, de rapport institutionnel et de rapport personnel. A travers programmes et instructions officielles, l'institution ministérielle définit ce que devrait être le rapport institutionnel (officiel) à un savoir donné. Chaque enseignant va s'emparer de cet objet d'enseignement, construisant ainsi son propre rapport personnel à ce savoir. Il va ensuite le mettre en œuvre dans sa classe (nouvelle institution) et le faire vivre à sa façon, instituant ainsi le rapport institutionnel au savoir dans sa classe qui peut déjà être différent du rapport officiel. Un élève, dans cette institution classe, va être confronté à cet objet de savoir. L'objectif est de le lui faire apprendre : à travers les diverses tâches qui lui sont proposées par l'enseignant, il va créer un rapport personnel à cet objet de savoir. Apprendre pour un sujet revient donc idéalement à rendre conforme son rapport personnel au rapport institutionnel (Maury & Caillot, 2003). Or un même objet de savoir peut être connu et vivre dans des institutions différentes, l'école et la famille par exemple, et un même individu peut faire coexister plusieurs facettes, même contradictoires, dans son rapport à un savoir. En effet, selon l'institution où il s'exprime, l'individu ne laissera apparaître qu'une partie de son rapport au savoir de façon à être conforme, à être considéré comme un bon sujet de l'Institution.

Dans certains cas, les rapports aux objets de savoir construits dans la vie familiale ou quotidienne peuvent entrer en conflit avec les rapports institutionnels à ces mêmes objets que l'école veut imposer (Jelman, 2002). Nous rejoignons ici tous les travaux qui ont été menés en didactique des sciences sur les conceptions à la différence près qu'avec l'idée de rapport personnel au savoir, nous récupérerons dans un cadre théorique plus ouvert la notion de conception (Maury & Caillot, 2003). Ajoutons, à l'instar de Charlot (2003) que le concept de rapport au savoir n'est pas un concept qui s'ajoute aux autres concepts forgés par la didactique mais un concept qui permet de porter un autre regard sur les situations didactiques. Dans ce cadre théorique, le sujet apprenant est avant tout un sujet institutionnel et c'est à travers les institutions auxquelles il appartient qu'il entre en rapport avec un savoir. Se pose alors la question du lien éventuel entre nature du savoir et qualité du rapport au savoir développé par un individu.

Ceci amène à faire l'hypothèse suivante : un enseignant est avant tout une personne qui appartient à plusieurs institutions dont l'institution école. Il peut développer vis-à-vis du savoir Evolution un rapport à différentes facettes, complémentaires, contradictoires ou indifférentes. Ces différents aspects peuvent influencer ses choix transpositifs quand il assume sa fonction d'enseignant. Mieux connaître le rapport personnel au savoir Evolution d'un enseignant renseigne sur ce qui l'amène à faire tel ou tel choix dans sa classe.

Se posent alors les questions suivantes :

- Quelles sont les attentes de l'institution scolaire française vis-à-vis de ce savoir ? Comment les textes officiels traduisent-ils ces attentes ?
- Sachant que le savoir Evolution est présent dans diverses institutions extrascolaires, comment les enseignants de l'école primaire d'aujourd'hui se positionnent-ils vis-à-vis de la notion d'évolution des espèces inscrite au programme du cycle 3 (niveaux 3, 4 et 5) Autrement dit, peut-on avoir des informations sur le rapport personnel des enseignants vis-à-vis de la notion d'évolution des espèces ?

La première question sera étudiée à travers les textes officiels à destination des enseignants, la seconde par un questionnaire papier crayon diffusé auprès de professeurs des écoles.

Analyse des prescriptions officielles

Les textes retenus pour cette étude sont les programmes et les compléments aux programmes de l'école primaire successivement publiés en 1985, 1995 et 2002. Il s'agit d'y repérer les attentes de l'institution Ecole à propos de l'objet de savoir « Evolution des êtres vivants ».

Le prescrit

La notion d'évolution des espèces retenue par les programmes est sans équivoque : « Les espèces aujourd'hui présentes sur la Terre proviennent d'autres espèces qui vivaient autrefois » (document d'application des programmes, 2002). Ce sont les notions de parentés entre les êtres vivants et d'ancêtre commun qui sont ici sous-jacentes, idées fortes qui permettront à Darwin (1859) d'étayer, au XIX^e siècle, sa théorie de l'évolution. D'autre part, il est explicitement précisé d'établir des liens entre notion d'espèce, classification des êtres vivants et concept d'évolution. Nous retrouvons ici les récents travaux sur la systématique et la classification phylogénétique du vivant (Lecointre & Le Guyader, 2006). Notons enfin que les prescriptions successives insistent sur l'étude des fossiles comme témoins de l'évolution (apparition et disparition de formes vivantes au cours des temps).

Ce choix transpositif est conforme à ce que l'histoire des sciences a retenu de la naissance de l'idée d'évolution et, par la suite, de la construction du concept d'évolution. En effet, avec le développement de la géologie et la naissance de la paléontologie (le vocable est créé en 1822), il devient évident que le monde n'a pas toujours été ce qu'il est, que sa faune et sa flore ont été profondément différentes en d'autres temps. Le premier à postuler clairement et distinctement l'évolution des êtres vivants est Lamarck (1744-1829). En effet, en examinant des petits mollusques fossiles, il constate une modification au cours des âges de leurs caractéristiques physiques. Il est l'un des premiers à s'interroger officiellement sur ce facteur. Il a même été le premier à donner une définition du mot fossile en 1801 : dépouilles des corps vivants altérés par leur long séjour dans la terre ou dans les eaux mais dont la forme ou l'organisation sont encore reconnaissables.

Les évolutions du prescrit (1985, 1995, 2002)

Si les prescriptions successives sont claires pour un lecteur expert des questions d'évolution à la recherche des notions clés, qu'en est-il pour un professeur des écoles qui n'est pas *a priori* spécialiste de cette discipline ?

Comme de coutume, les libellés des programmes sont très succincts : de *L'évolution du vivant* en 1985, on passe à *Des traces de l'évolution des êtres vivants (quelques fossiles typiques)* ; *les grandes étapes de l'histoire de la Terre* ; *notion d'évolution des êtres vivants* en février 2002. On notera tout de même que la prescription s'enrichit, se clarifie légèrement.

En 1985, les compléments au programme proposaient des objectifs de connaissance, conformément à la pédagogie par objectifs (PPO) qui prévalait au moment de l'écriture de ces textes, et des activités possibles. Les activités s'appuyaient principalement sur l'observation de fossiles et l'analyse de documents.

En 2002, priorité est donnée aux compétences spécifiques à développer avec en toile de fond les savoirs. On ne relève pas de réels liens entre compétences à développer et activités vaguement suggérées dans une colonne intitulée Commentaires. A notre avis, le professeur des écoles de 2002 est encore plus démuné que celui de 1985 pour réaliser des choix didactiques. À titre d'exemple, on suggère au professeur d'utiliser quelques fossiles typiques mais, à aucun moment, il n'est précisé de quoi les fossiles doivent être typiques. Ces prescriptions ne constituent pas des aides efficaces pour la mise en place d'un enseignement adapté aux élèves de 8 à 11 ans. Un document toutefois tranche dans ce tableau : la fiche connaissance n° 9 intitulée Evolution des êtres vivants, un des éléments des documents d'application de 2002 à disposition des professeurs des écoles, liste notamment les difficultés provenant des idées préalables des élèves, quelques écueils à éviter et les connaissances à construire (Annexe 2). Nous retrouvons ici des éléments empruntés à la didactique des sciences et qui témoignent des recherches réalisées autour de l'opération *La main à la pâte*. On trouvera en Annexe 1 un résumé des prescriptions officielles.

On peut donc dire en conclusion de cette partie que les prescriptions officielles ne donnent pas une vision claire de ce qu'il est attendu de la part des enseignants : les objectifs de connaissance et de compétences sont grossièrement définis et les activités proposées sont à peine évoquées et jamais de façon opérationnelle. Il est donc vraisemblable que les enseignants qui se risqueront à enseigner cette partie du programme iront chercher ailleurs ce dont ils auront besoin. Nous tenterons d'éclairer ceci plus loin.

Un essai pour déceler le rapport au savoir des enseignants

Un questionnaire papier-crayon

Dans un premier temps, nous avons soumis un questionnaire à des professeurs des écoles ayant en charge une classe de cycle 3 au cours de l'année 2006. Ce questionnaire s'apparente aux bilans de savoir mis en place par l'équipe ESCOL dans les années 90 (Charlot, 2000) et depuis utilisés à plusieurs reprises dans le champ de la didactique (Ben Abderahmane, 2000 ; Chartrain, 2003 ; Venturini, 2005), à ceci près que le terme savoir désigne ici un objet de savoir précis (lié à la théorie de l'évolution) et non le savoir vu du point de vue général de savoir scientifique. A partir des connaissances déclarées, il doit permettre d'une part de repérer des éléments du rapport personnel de l'enseignant, d'autre part de repérer d'éventuels liens entre connaissances du professeur des écoles et mise en place d'un tel enseignement.

Deux hypothèses ont prévalu, s'appuyant sur les analyses largement répandues selon lesquelles les enseignants du primaire enseigneraient peu les sciences qu'ils connaissent mal ou dont ils ont peur :

- des enseignants ayant une formation initiale scientifique ont une meilleure connaissance de la notion d'évolution ;
- des enseignants ayant une formation scientifique sont plus enclins à enseigner l'évolution des êtres vivants à leurs élèves.

Ce questionnaire comporte 48 questions, certaines ouvertes, certaines avec une liste d'items offerts. Les questions sont regroupées en quatre grandes parties. Une première partie permet d'identifier les enseignants (âge/sexe, formation initiale, ancienneté, établissement d'exercice, engagement/croyances). Une deuxième doit permettre de faire le point sur l'état de leurs connaissances (à un moment donné, dans un contexte donné) et sur le niveau de formulation de ces connaissances à propos de la notion d'évolution et à propos de la Théorie de l'Évolution. C'est dans cette partie que l'on trouve les huit questions ouvertes. Une troisième partie doit permettre de repérer l'origine des connaissances déclarées par ces enseignants et de repérer d'éventuels liens entre connaissances et formation initiale. La dernière partie s'intéresse à ce qu'ils font dans leur classe avec leurs élèves sur le thème de l'évolution des êtres vivants, items inscrits au programme de leur classe. Des liens ont été établis entre profil du professeur des écoles, connaissances déclarées et choix didactiques.

L'analyse des questionnaires a été réalisée à l'aide du logiciel *Sphinx 2*.

Profil de l'échantillon

Nous avons recueilli 76 questionnaires renseignés. 60 d'entre eux ont été rédigés par des enseignants participant à des actions de formation continue ; ces actions ne concernaient pas spécifiquement les disciplines scientifiques de façon à ne pas sur représenter des enseignants particulièrement mobilisés par l'enseignement scientifique. Les 16 restants avaient reçu le questionnaire des mains de l'expérimentatrice.

70% sont des femmes ; les hommes sont donc légèrement surreprésentés compte tenu de la large féminisation du corps professoral. 38% ont entre un et dix ans d'expérience, 29% entre dix et 20 ans et 30% plus de 20 ans. L'éventail des anciennetés est donc bien ouvert. Notons que ceux qui ont plus de 15 ans de métier ont été formés dans les Écoles Normales d'Instituteurs où ils sont entrés à bac+2, alors que les plus jeunes sont entrés à bac+3 dans les Instituts Universitaires de Formation des Maîtres où une formation de deux ans leur est dispensée. 29% déclarent travailler avec une population d'élèves plutôt favorisée, 29% avec une population plutôt défavorisée et 37% qualifient leur population de mixte-populaire. 66% sont titulaires d'un diplôme de niveau bac+3 ou plus, 29% ont une formation initiale universitaire à dominante scientifique et 47,5% une formation initiale à dominante non scientifique.

Déclarations à propos de l'évolution du vivant

Les connaissances sur l'évolution sont évaluées en deux parties : d'abord, les questions portent sur l'évolution des espèces, sans autre précision sur ce que l'on entend par là. Ensuite, les questions portent sur la théorie de l'évolution, entendue comme théorie scientifique. Certes, ce découpage peut amener à des redondances. L'idée est de pouvoir séparer des niveaux différents d'acceptation de la théorie, de repérer d'éventuelles contradictions dans les réponses, d'obtenir des renforcements à des réponses évasives. Ne sont présentées ici qu'un certain nombre de réponses que nous considérons comme les plus parlantes. Certaines ont été regroupées pour faciliter la lecture.

Questions 14 et 15 : Aujourd'hui, la plupart des scientifiques affirment : « Les êtres vivants ont évolué depuis leur apparition sur Terre jusqu'à leur forme actuelle ». Etes-vous d'accord avec cette affirmation ? Si oui, pourquoi ? Si non, pourquoi ?

Il s'agit d'une question ouverte dont l'objectif est de voir directement si l'évolution est admise et quels sont les arguments avancés. La question parle des *êtres vivants* et non des *Hommes*. Ceci est volontaire : une autre parlera plus loin des *Hommes* de façon à déceler un éventuel traitement à part pour les humains. 96% (73/76) des enseignants interrogés adhèrent à l'idée d'évolution et 92% (67/73) apportent une justification. Parmi les réponses, on peut distinguer plusieurs degrés de justification :

1. on est d'accord, on adhère à l'idée d'évolution mais on ne peut pas dire pourquoi. On fait confiance aux scientifiques, on évoque l'existence de preuves, on ne propose pas de véritables arguments. Cette catégorie concerne environ 37% des réponses (25/67) ;
2. on adhère à l'idée d'évolution en s'appuyant sur des connaissances, sur des arguments plus ou moins développés. Cette catégorie concerne presque 54% des réponses (36/67) ;
3. pour un petit pourcentage (9%), l'idée d'évolution est entendue seulement par rapport à l'Homme.

L'adhésion est complètement indépendante du niveau d'études ou du fait d'avoir eu ou non une formation scientifique plutôt que dans les sciences humaines. Cette adhésion largement majoritaire à l'idée d'évolution du vivant semble montrer l'existence d'un consensus partagé par des personnes dotées d'un niveau culturel élevé, vivant en France actuellement.

Question 17 : D'après vous, sur quel(s) indice(s), les scientifiques s'appuient-ils pour argumenter l'idée d'évolution ?

Cette question invite l'enseignant à aller plus loin dans la réponse apportée à la précédente. En effet, elle nécessite de faire état de connaissances au-delà de ses propres convictions qui pouvaient précédemment suffire.

Sur les 76 questionnaires, 87% des enseignants (66/76) répondent. Nous avons distingué deux catégories de réponses :

1. 21% (14/66) ne proposent pas d'indices précis ou évoquent des indices non pertinents au regard des données scientifiques actuelles ;
2. En revanche, 79% (52/66) proposent des indices pertinents, plus ou moins nombreux.

Les indices proposés sont de nature :

- paléontologique pour 67% (fossiles, squelettes, crânes) ;
- biologique pour la moitié (ressemblances, différences, variations, transformation, adaptation) ;
- génétique et/ou moléculaire pour 23%.

Le total ci-dessus est supérieur à 100% car un même sujet peut produire plusieurs types d'indice : 65% (34/52) argumentent à l'aide d'un seul indice, 25% de deux indices et 10% à l'aide des trois types d'indices.

La qualité des indices ainsi que leur nombre est indépendante du niveau de formation et du fait d'avoir une formation en sciences plutôt qu'en sciences humaines.

L'image qui ressort de cette première analyse est plutôt optimiste sur le positionnement des professeurs des écoles français quant à l'idée d'évolution (sur ce point, nous n'avons pas de doute mais l'étude permet de le démontrer) et sur l'état de leurs connaissances : presque 80% d'entre eux (52/66) ont de vraies connaissances sur le sujet puisqu'ils sont en mesure de citer au moins un indice pertinent en guise d'argumentation. Notons que nombre de ces indices ont également été cités lors de la justification de l'idée d'évolution.

Cependant, même s'ils sont capables de montrer des connaissances certaines sur le sujet, ils font preuve d'une grande humilité : à une question portant sur les raisons pour lesquelles ils n'avaient pas répondu à certaines questions, ils déclarent, à 57% (43/76), qu'ils estimaient ne pas avoir de connaissances suffisantes sur le sujet et, à 15%, trouver les questions trop complexes.

Déclarations à propos de la théorie de l'évolution

La référence à la théorie de l'évolution est maintenant explicite. Alors que les questions précédentes ne faisaient appel qu'à la notion vague d'évolution, il s'agit de voir maintenant si les sujets sont capables d'énoncer des éléments pertinents de la théorie de l'évolution. Ces éléments, nous les trouvons bien sûr énoncés par Darwin, dans son ouvrage *De l'origine des espèces* : il s'appuie sur l'idée que les espèces se transforment (notion d'ancêtre commun) et que la diversité des vivants est le produit d'une différenciation progressive des espèces (du simple au complexe) ; il propose un mécanisme de différenciation basée sur la sélection naturelle, une sélection sans choix, régie par le milieu et précise que l'Homme est soumis aux mêmes lois évolutives que les animaux.

Pour ces questions, seuls 69 questionnaires ont été renseignés ; les sept premiers qui avaient été distribués ne faisaient pas cette différence entre évolution et théorie de l'évolution. Certaines remarques nous ont amenés à lever cette éventuelle ambiguïté.

Questions 18 et 19 : avez-vous entendu parler de la théorie de l'évolution ? Si oui, que pouvez-vous en dire ?

96% (66/69) des enseignants déclarent avoir entendu parler de la théorie de l'évolution et, parmi eux, 72% (48/66) peuvent en dire quelque chose.

Parmi les réponses, nous distinguons :

1. 15% de réponses (7/48) sans éléments pertinents en lien avec la théorie de l'évolution ;

2. 85% de réponses (41/48) qui proposent des éléments pertinents, plus ou moins nombreux (référence à son auteur, sélection naturelle, du simple au complexe, ancêtre commun, spéciation, adaptation).

Il est possible d'analyser plus finement la qualité des réponses obtenues. Sur les 41 réponses, 58,5% citent l'auteur de la théorie, 46,5% évoquent l'idée d'adaptation, 34% avancent des arguments plus précis. On note que, indépendamment des deux catégories définies, 10% des réponses évoquent la polémique actuelle entre créationnisme et évolutionnisme et qu'il n'apparaît pas de contradictions entre les deux groupes de questions.

Question 20 : la théorie de l'évolution est LA théorie qui permet de comprendre et d'expliquer l'évolution de TOUS les êtres vivants au cours des temps géologiques.

Question 22 : la théorie de l'évolution ne permet pas de rendre compte de l'évolution de l'homme.

82% (62/76) estime que la théorie de l'évolution est « la » théorie scientifique qui permet d'expliquer l'évolution de tous les êtres vivants et ils sont 76% (58/76) à refuser l'idée que la théorie de l'évolution ne permet pas de rendre compte du cas de l'Homme. L'écart entre les deux réponses (82 vs 76%) est peu significatif, peut-être dû à la double négation de la dernière question.

Les arguments avancés sont du même ordre que ceux donnés dans les réponses précédentes, aucune contradiction n'apparaissant ; simplement, les références explicites à Darwin y sont un peu plus fréquentes. Si des doutes sont émis à propos de cette théorie par 14% d'entre eux (11/76), ce n'est pas par référence à une alternative crédible mais au nom d'un principe de précaution qui dit que toute théorie scientifique est susceptible d'évoluer. En réponse à d'autres questions, la moitié fait référence à d'autres approches possibles (38/76), les religions figurant dans 41% des réponses (31/76), placées au niveau des croyances et non des explications scientifiques plausibles. Dans toutes ces réponses, on ne peut distinguer la moindre différence statistiquement significative entre les diverses catégories de sujets qui ont répondu.

Origine de leurs connaissances

La majorité des répondants affirment que leurs connaissances ont été acquises durant l'enseignement secondaire (50%, 38/76). Ils sont 28% (21/76) à déclarer que c'est au cours de leurs études universitaires que leurs connaissances ont été construites, 61% disant le contraire. Rappelons qu'ils sont 29% à avoir poursuivi des études supérieures scientifiques.

En fait, c'est très largement par leurs activités personnelles qu'ils ont acquis les connaissances : lecture (66%), vidéos et télévision (74%), visite de musées et d'exposition (57%). Les actions de formation continue semblent n'avoir pratiquement aucun impact : 67% ne reconnaissent pas en elles la source de leurs connaissances ! Seuls 13% le disent. On peut aisément en déduire que c'est un sujet d'étude très peu abordé en formation continue, ce qui ne nous surprend pas étant donné son champ limité d'application et sa complexité. Ici aussi, aucune distinction n'est statistiquement significative entre les diverses catégories.

Activités en classe déclarées

A la question *Enseignez-vous à vos élèves la notion d'évolution des êtres vivants ?*, 34% (26/76) des professeurs des écoles de notre échantillon affirment ne l'avoir jamais fait. En revanche, ils sont 66% à répondre positivement, que ce soit dans leur classe actuelle ou dans une classe ancienne. Quand on les interroge sur les raisons les poussant à faire cet enseignement (questions fermées avec une série d'items), l'argument le plus souvent invoqué est de nature institutionnelle, soit parce que c'est au programme (26%), soit parce que c'est en liaison avec l'histoire (16%). Seulement 9% évoquent l'intérêt des élèves.

Parmi les 34% qui ne l'enseignent pas, les justifications avancées portent sur des organisations pédagogiques particulières à leur école (organisation en cycles, spécialisation d'enseignants), laissant entendre que l'évolution est enseignée par d'autres, sans que nous puissions vérifier la réalité de ceci. Pour les autres, c'est le manque d'intérêt personnel, le manque de matériel et le manque de connaissances sur le sujet qui ressortent. Notons que presque 20% ne répondent pas à la demande de justification.

Nous avons également voulu connaître le temps consacré à une telle étude. Plus de 30% ne sont pas en mesure de préciser une durée, 12% y consacrent de une à trois séances, 12% de quatre à six séances et 11% plus de six séances.

Conformément aux prescriptions évoquées précédemment, les fossiles sont les supports les plus cités pour la mise en œuvre de cet apprentissage (53%) ; le recours aux médias est également important (musées, articles de revue, films). Le manuel scolaire reste tout de même la ressource documentaire privilégiée : il est cité par 51% des enseignants.

Il est remarquable que l'analyse ne fasse apparaître aucun résultat significatif liant niveau de formation initiale et enseignement de la notion d'évolution des êtres vivants. Avoir suivi des études scientifiques longues n'amène pas spécialement les professeurs des écoles à se lancer dans cet enseignement plus volontiers que leurs collègues non scientifiques. En effet, si 68% des scientifiques enseignent ou ont enseigné cet item, ils sont 65% chez les non scientifiques. Ce résultat va à l'encontre d'une des hypothèses émises plus haut et de certaines explications assez

répandues selon lesquelles l'absence de tels enseignements à l'école primaire peut s'expliquer par l'origine majoritairement non scientifique des enseignants. De telles affirmations méritent d'être pour le moins réévaluées.

Un engagement personnel ?

Un groupe de questions visait à essayer de cerner l'existence d'engagements particuliers (militances politique, philosophique, religieuse, ou autre). 61% (46/76) affirment ne se référer à aucun courant de pensée alors que 26% y font référence (philosophique, politique, pédagogique). Ces enseignants sont très largement sans référence religieuse (76%, 58/76). 15% (11/76) se déclarent croyants (catholiques ou chrétiens sans préciser). Ces divers sous groupes ne permettent pas de faire émerger des différences de comportement scolaire statistiquement significatives.

Conclusion

En résumé, nous pouvons synthétiser quelques faits saillants. Ne sont bien sûr gardés ici que les résultats très significatifs (Chi2).

De façon très significative, l'enseignant moyen :

- adhère à l'idée d'évolution (96%) et il est très souvent en mesure d'évoquer des indices pertinents pour justifier cette adhésion (54%) ;
- a entendu parler de la théorie de l'évolution (87%) et il est très souvent capable de citer le nom de Charles Darwin (32%) ;
- évoque des arguments paléontologiques (46%) et biologiques (37%) comme corroborant cette théorie ;
- est d'accord (82%) avec l'affirmation que la théorie de l'évolution est la seule à pouvoir expliquer l'apparition et l'évolution du vivant et, de façon cohérente, il rejette l'idée (77%) que cette théorie ne concernerait pas l'homme et qu'il existerait des approches non scientifiques (67%) ;
- évoque doutes et incertitudes (15%) nécessaires face à toute théorie scientifique quand il envisage des arguments en défaveur de la théorie ;
- a entendu parler des approches religieuses (41%) qui mettent en doute la théorie (approche créationniste) ;
- reste très humble vis-à-vis de ses connaissances scientifiques en déclarant très largement (56,5%) avoir peu de connaissances sur le sujet, même s'il n'hésite pas à l'enseigner ;
- enseigne ou a enseigné le thème « Fossiles et évolution » dans sa classe (83%) parce que c'est au programme du cycle 3 (49%). Pour mettre en œuvre cet enseignement, il utilise des fossiles (53%) et les manuels (51%). En revanche, Internet est une source documentaire très peu employée (4%) ;
- se forme principalement sur ce sujet grâce à des lectures (66%) et aux médias (74%) (émissions TV – vidéos) et évoque aussi sa formation scolaire (50%) pour justifier ses connaissances ;
- déclare ne se référer à aucun courant de pensée (60%), à aucune religion (76%) et n'appartenir à aucune association (68%).

Nous retiendrons, de cette étude, que :

- la polémique évoquée en introduction est connue des professeurs des écoles mais qu'elle ne semble pas influencer leur choix d'enseignement. Mais il se peut que les conditions de passation du questionnaire n'aient peut-être pas permis de révéler un aspect du rapport au savoir, celui qui touche les convictions religieuses et culturelles. Les chercheurs étaient identifiés et les 76 enseignants questionnés ont pu se positionner en tant que professionnels, en tant que sujets d'une institution, celle dans laquelle ils devaient renseigner cette enquête et non en position de citoyen, hors du cadre scolaire et professionnel ; cependant, la question de la laïcité étant centrale dans l'école française, sans doute érigée en loi princeps, il est tout aussi vraisemblable que les réponses données soient sincères ;
- aucune différence n'apparaît entre les sujets interrogés. Leur niveau d'études, leur type de formation (scientifique ou non), leur âge, le fait d'enseigner devant des élèves issus de milieux favorisés ou non, tout cela ne semble avoir aucune influence notable ;
- les prescriptions officielles ne sont pas d'une grande aide pour les enseignants du cycle 3 puisqu'elles ne traduisent pas clairement le rapport institutionnel ;
- malgré tout, qu'ils aient une formation initiale à dominante scientifique ou non, ils enseignent l'évolution des êtres vivants à leurs élèves parce que c'est au programme.

Ce travail s'inscrit dans une étude complète des divers acteurs concernés. Des enseignants ayant répondu au questionnaire seront observés en situation de classe (activité en cours) pour juger de la proximité entre leurs déclarations et leurs actes. Cela permettra aussi de voir comment ils s'y prennent et si existe une approche standard partagée par les enseignants. Les élèves des classes observées seront objet d'étude (activité en cours) pour essayer de divulguer le ou les rapports des élèves avec ce même savoir et s'il évolue notablement sous

l'influence de l'enseignement. Nous pouvons espérer alors avoir une vision claire de l'état des lieux pour déboucher sur des propositions réalistes et opérationnelles pour un enseignement à l'école primaire.

Références bibliographiques

- Aroua, S., (2006). *Dispositif didactique pour l'enseignement de l'évolution du vivant. Débat en classe pour l'enseignement de la théorie de l'évolution du vivant en Tunisie*. Thèse de doctorat, E.N.S. Cachan/ISEFCT Tunis.
- Aroua, S., Coquidé, M. & Abbes, S. (2001). *Les rapports d'élèves tunisiens à l'évolution du vivant et leurs référentiels d'argumentations*. Actes des 2^o rencontres scientifiques de l'A.R.D.I.S.T, Carry-Le-Rouet.
- Beillerot, J., Bouillet, A., Blanchard-Laville, C. & Mosconi, N. (1989). *Savoir et rapport au savoir. Elaborations théoriques et cliniques*. Paris : Editions Universitaires.
- Ben Abderahmane, M.L. (2000). Pertinence et limites de la notion de "rapport au savoir" en didactique des sciences. In A. Chabchoub (Ed.), *Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences* (pp. 187-194). Tunis : Publications de l'Association Tunisienne des Recherches Didactiques.
- Charlot, B. (2000). La problématique du rapport au savoir. In A. Chabchoub (Ed.), *Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences* (pp. 13-24). Tunis : Publications de l'Association Tunisienne des Recherches Didactiques.
- Charlot, B. (2002). *Du rapport au savoir. Eléments pour une théorie*. Paris : Anthropos.
- Charlot, B. (2003). La problématique du rapport au savoir. In S. Maury & M. Caillot (Eds.), *Education et sciences. Le rapport au savoir et didactiques* (pp. 33-50). Paris : Fabert.
- Chartrain, J.L. (2003). *Rôle du rapport au savoir dans l'évolution différenciée des conceptions scientifiques des élèves. Un exemple à propos du volcanisme au cours moyen 2*. Thèse de doctorat, Université Paris 5.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir à enseigner*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury & M. Caillot (Eds.), *Education et sciences. Le rapport au savoir et didactiques* (pp. 1-12). Paris : Fabert.
- Darwin, C. (1992). *L'origine des espèces. Traduction d'Edmond Barbier d'après la 6^e édition anglaise*. Paris : Flammarion.
- Gould, S.J. (2000). *Et Dieu dit : "Que Darwin soit !"*. Paris : Seuil.
- Hatchuel, F. (2005). *Savoir, apprendre, transmettre : une approche psychanalytique du rapport au savoir*. Paris : La Découverte.
- Jelman, Y. (2002). Le rapport aux objets de savoirs comme critère de différenciation entre les apprenants : cas de la foudre. *Les cahiers pédagogiques* [<http://www.cahiers-pedagogiques.com/IMG/pdf/faits006.pdf>].
- Johsua, S. & Dupin, J.J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Lamarck, J.B. (1801). *Système des animaux sans vertèbres*. Paris : Deterville libraire, p. 403. (consulté le 10 juin 2007) [<http://www.lamarck.cnrs.fr>].
- Lecointre, G. & Le Guyader, H. (2006). *Classification phylogénétique du vivant*. Paris : Belin.
- Lecourt, D. (1998). *L'Amérique entre la bible et Darwin*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Legardez, A. & Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité : Enseigner les questions vives*. Issy-les-Moulineaux : ESF.
- Mairone, C. & Dupin, J.J. (2005). Concept de fossile et rapport au(x) savoir(s) : une étude au cycle 3 de l'école primaire. In *Actes des 4^o rencontres de l'ARDIST*. Lyon : I.N.R.P.
- Maury, S. & Caillot, M. (2003). Quand les didactiques rencontrent le rapport au savoir, In S. Maury & M. Caillot (Eds.), *Education et sciences. Le rapport au savoir et didactiques* (pp. 13-32). Paris : Fabert.
- Ministère de l'éducation nationale (1985a). *Ecole élémentaire : programmes et instructions*. Paris : C.N.D.P.
- Ministère de l'éducation nationale/Direction des écoles (1985b). *Ecole élémentaire : compléments aux programmes et instructions*. Paris : C.N.D.P.
- Ministère de l'éducation nationale (1995). *Programmes de l'école primaire*. Paris : C.N.D.P.
- Simonneaux, L. (2003). Les savoirs « chauds » entre sciences et valeurs. In J.P. Astolfi (Ed.), *Education et formation : nouvelles questions, nouveaux métiers* (chap. 7). Paris : ESF.
- Venturini, P. (2005). Influence de quelques composantes de l'environnement scolaire sur le rapport entretenu par des élèves de seconde avec les savoirs de la physique. In *Actes des 4^o rencontres de l'ARDIST*. Lyon : I.N.R.P.
- Verret, M. (1975). *Le temps des études*. Paris : Honoré Champion.

Annexe 1

L'« Evolution des êtres vivants » à travers les textes de l'école primaire

Les programmes de 1985 à 2002

Date	Extraits
B.O. du 15 mai 1985	<i>L'évolution des vivants</i>
B.O. spécial n° 5 du 09 septembre 1995	<i>Des traces de l'évolution des êtres vivants ; quelques fossiles typiques.</i>
B.O. du 14 février 2002	<i>Des traces de l'évolution des êtres vivants (quelques fossiles typiques) ; les grandes étapes de l'histoire de la Terre ; notion d'évolution des êtres vivants.</i>

Les compléments au programme et autres documents d'application

Les compléments au programme de 1985

Objectifs de connaissances	Activités possibles pour mettre en œuvre et atteindre ces objectifs
<p><i>Les roches conservent parfois des traces de la vie d'autrefois.</i></p> <p><i>Les fossiles permettent de reconstituer de grandes étapes dans l'histoire de la Terre, de constater l'apparition et la disparition de certaines formes vivantes. Ainsi, les Hommes n'ont pas toujours existé à la surface de la Terre et ils se sont transformés au cours du temps. On reconnaît leur présence grâce à divers indices (squelettes, outils, traces de feu, peintures ...)</i></p> <p><i>Des études précises ont permis d'établir des parentés entre les divers groupes animaux et végétaux.</i></p>	<p><i>Observer des fossiles et réaliser des moulages de coquilles pour comprendre comment ils ont pu être conservés. Prendre conscience de l'importance des fossiles pour la reconstitution de la vie autrefois dans le milieu où s'est formée la roche qui les contient.</i></p> <p><i>Analyser des documents illustrant quelques étapes de la vie sur la Terre et témoignant de l'apparition ou de la disparition de certains groupes animaux et végétaux, montrant l'évolution de l'Homme, d'un groupe animal, donnant l'idée de relations entre les divers groupes animaux.</i></p>

Les documents d'application 28/08/1999 (BO spécial 7)

C'est l'idée d'une histoire des espèces, d'un monde du vivant qui n'est pas immuable, que le maître transmet. Les espèces actuellement présentes sur la Terre proviennent d'autres espèces qui vivaient autrefois. Certaines espèces disparues ont laissé des traces fossilisées : ce sont des empreintes ou des restes comme des coquilles, des carapaces ou des squelettes qui sont conservés.

Grâce à ces fossiles, nous pouvons reconstituer les grandes étapes de notre histoire (premiers êtres vivants dans l'eau : 4 milliards d'années environ ; sur la terre : 400 millions d'années environ ; premières traces de vie humaine : 5 millions d'années environ. La Terre, quant à elle, s'est formée il y a environ 4,5 milliards d'années).

Activités possibles :

visite de musées et de sites exposant des traces de l'évolution ;

documents écrits ou filmés sur la reconstitution de squelettes d'espèces aujourd'hui disparues ;

récits de découvertes : Lucy en 1974

Les documents d'application d'octobre 2002

Compétences spécifiques	Commentaires
<p>Être capable d'exploiter des documents écrits ou multimédias (histoire de la remise en cause du fixisme, reconstitution de squelettes d'espèces aujourd'hui disparues) et des visites de musées ou des sorties sur le terrain.</p> <p>Être capable de mettre en relation l'évolution des espèces avec l'observation de quelques fossiles (directe ou sur documents).</p> <p>Être capable de situer sur une « frise du temps » les grandes étapes de l'histoire de la vie sur Terre, d'y constater l'apparition et la disparition de certaines espèces animales et végétales. Découvrir que l'espèce humaine n'a pas toujours existé à la surface de la Terre et qu'elle a évolué au cours du temps</p>	<p>Pour comprendre le concept d'évolution, il est nécessaire de disposer de la notion d'espèce et d'avoir une première idée de la classification des êtres vivants (voir cycle 2).</p> <p>On privilégie les sorties sur le terrain et dans les musées ou les expositions</p> <p>On intègre les apports personnels des élèves dans les activités (exemple : fossiles trouvés par les élèves).</p> <p>La comparaison avec une frise du temps réalisé dans le cadre de l'étude du programme d'histoire peut donner l'occasion de faire prendre conscience de la différence des échelle de temps, respectivement historique et géologique.</p>

... L'observation (directe ou sur documents) de quelques fossiles typiques, comparées avec des espèces actuelles, doit être mise en relation avec l'idée que les espèces aujourd'hui présentes sur la Terre proviennent d'autres espèces qui vivaient autrefois.

Grâce aux fossiles, nous pouvons reconstituer les grandes étapes de l'histoire de la vie (premiers êtres vivants dans l'eau : 4 milliards d'années environ ; sur la terre : 400 millions d'années environ ; premières traces de vie humaine : 5 millions d'années environ. La planète Terre, quand à elle, s'est formée il y a environ 4,5 milliards d'années).

Annexe 2

Évolution des êtres vivants

FICHE 9

Programme

Cycle 3 :
Unité et diversité du monde vivant
Des traces de l'évolution des êtres vivants
(quelques fossiles typiques).
Grandes étapes de l'histoire de la Terre : notion
d'évolution des êtres vivants.

Difficultés provenant des idées préalables des élèves

Les élèves croient spontanément à la fixité des espèces. Ils pensent souvent que les fossiles sont des animaux morts, ils oublient les végétaux.

La longueur des temps géologiques (en millions et milliards d'années) pose souvent le problème de la gestion des grands nombres.

Le temps nécessaire à la fossilisation est rarement pris en compte, les élèves pensent souvent que l'animal mort « s'est couché et enfoncé » dans la roche.

La contemporanéité des êtres vivants n'est pas toujours construite : les élèves font, par exemple, parfois voisiner les hommes et les dinosaures dans le même milieu et une même période.

Les élèves ne considèrent pas l'homme comme un animal, car ses activités sont particulières.

Quelques écueils à éviter lors des observations et des manipulations

Ne pas limiter l'étude à des restes animaux pour construire la notion de fossile, ni à une seule époque sans la situer par rapport aux temps géologiques.

Connaissances

– Les fossiles constituent des traces de la vie d'autrefois. Ce sont des traces d'animaux ou de végétaux qui existaient à l'époque de la formation de la roche qui les contient.

– Les fossiles permettent de reconstituer de grandes étapes de l'histoire de la Terre, de constater l'apparition et la disparition de certaines espèces animales et végétales.

– Les hommes n'ont pas toujours existé à la surface de la Terre et ils se sont transformés au cours du temps. Divers indices témoignent de leur présence (squelettes, outils, traces de feu, peintures...).

Pour en savoir plus

– La Terre s'est formée il y environ 4,5 milliards d'années ; 1 milliard d'années environ s'écoule avant les premières formes vivantes connues. Les êtres vivants d'aujourd'hui résultent d'une longue évolution et ont tous des liens de parenté. Chronologie d'apparition des principales familles d'êtres vivants : bactéries, êtres monocellulaires à noyaux, métazoaires, invertébrés, vertébrés.

Les formes « primitives », chronologiquement parlant, n'étaient pas nécessairement moins évoluées fonctionnellement que les formes actuelles.

– Les différentes espèces de dinosaures sont apparues il y a environ 250 millions d'années et ont disparu il y a 65 millions d'années.

L'homínisation correspond à une évolution biologique et culturelle (station debout, bipédie, augmentation de volume du cerveau, fabrication d'outils, maîtrise du feu, vie sociale, culte des morts, arts...).

Réinvestissement, notions liées

Temps, chronologie (lien avec la frise historique).

Notion de plan d'organisation d'un animal.

Connaissance des classes de vertébrés.

Fiche n° 6 « Besoins des végétaux ».

La contribution de l'éducation tout au long de la vie et de l'anthropologie dans la préparation professionnelle des enseignants : réflexions théoriques

Thanassis Karalis, Leonidas Sotiropoulos et Maria Kampeza

• Département des Sciences de l'Education (Section Préscolaire), Université de Patras, Rion, Patras, 26500, Grèce
karalis@upatras.gr
lsotir@upatras.gr
kampeza@upatras.gr

Résumé

A partir du stage de pratique professionnelle organisé par le Département des Sciences de l'Education (Section Préscolaire) de l'Université de Patras, est examinée la manière dont certains aspects des approches théoriques dans les domaines de l'éducation tout au long de la vie et de l'anthropologie pourraient enrichir les stages en question et la préparation professionnelle des futurs enseignants.

Mots clés

Anthropologie – Education tout au long de la vie – Formation professionnelle des enseignants

Abstract

Through the fieldwork experience in pre-school teachers' education, as this is organized by the Department of Educational Sciences and Early Childhood Education of the University of Patras, an examination is attempted, of how certain theoretical approaches of lifelong learning and anthropology can enrich such an in-service practice and aid the professional preparation of future educators.

Key Words

Anthropology – Lifelong Learning – Teachers Training

Introduction

Il est courant au cours de la formation initiale des enseignants de prévoir un stage de pratique professionnelle. Ce stage pratique, et plus généralement la préparation professionnelle des enseignants, constituent un champ où se rencontrent des approches de domaines scientifiques différents contribuant à la formation des jeunes enseignants (Jacobs, 2001 ; Wilson, Floden & Ferrini-Mundy, 2002). Des chercheurs mettent l'accent sur une perspective située qui puise des éléments d'approches théoriques dans l'anthropologie, la sociologie et la psychologie et prend en compte aussi bien les différences individuelles des enseignants qui influencent leurs perceptions et leurs pratiques (facteurs dus à la personne) que le fonctionnement de l'école en tant que système social au sein d'un cadre culturel plus large (facteurs dus à la situation) (Borko, 2004 ; Veenman, 1984).

En Grèce, la formation initiale des enseignants des niveaux préscolaire et primaire se fait dans des départements universitaires qui ont pour objet exclusif de former les futurs enseignants aux Sciences de l'Education (Karalis, Ravanis & Komis, 2007), le niveau d'enseignement vers lequel ils s'orientent étant pris en compte (Départements des Sciences de l'Education – Section préscolaire et Départements des Sciences de l'Education – Section primaire). Dans le cadre de ces études, figure un stage en école – maternelle ou primaire dénommé

Travaux pratiques. Au cours de ces travaux pratiques l'accent est principalement porté sur les facteurs cognitifs et la préparation des étudiants sur la base du contenu cognitif des leçons. Dans le présent article, à partir des travaux pratiques du Département des Sciences de l'Éducation – Section préscolaire de l'Université de Patras, est examinée la manière dont certains aspects des approches théoriques dans les domaines de l'éducation tout au long de la vie et de l'anthropologie pourraient enrichir les stages en question et la préparation professionnelle des futurs enseignants.

L'enseignant en tant qu'apprenant à vie

L'approche théorique de l'éducation tout au long de la vie constitue de nos jours l'un des cadres dominants de l'analyse de l'apprentissage et de la formation (Edwards & Usher, 2001 ; Faure, 1972 ; Unesco, 1976). Le questionnement scientifique concernant l'apprentissage et la formation permanents renvoie à une optique différente de l'optique traditionnelle pour nous faire percevoir, comprendre et planifier tous ces processus qui se réfèrent à l'apprentissage, à la formation, à l'institution éducative et à l'apprenant. L'élément de base qui différencie cette approche est la notion de continuité, de continuum, à l'opposé de l'approche conventionnelle qui s'appuie sur la discontinuité, la fragmentation et la perception distincte des activités d'apprentissage et des institutions éducatives.

La transition vers cette conception avoisine le changement de paradigme (Peters, 1998) et se raccorde directement à certaines des conditions qui caractérisent la postmodernité, en particulier la nécessité de la familiarisation réflexive du savoir (Giddens, 1992), ainsi que les transformations intervenant dans le cadre du capitalisme avancé et de la mondialisation (Jarvis, 2007). De manière à analyser les multiples contextes dans lesquels se réalise la formation permanente des enseignants, dont une partie est leur formation initiale et le stage de travaux pratiques, il est utile de nous référer à la typologie de Coombs (1968 ; voir aussi Coombs & Ahmed, 1974), d'après laquelle les processus d'apprentissage et d'enseignement peuvent rentrer dans l'une des catégories suivantes :

- formation institutionnelle : structurée hiérarchiquement dans un système éducatif gradué dans le temps, depuis l'enseignement primaire jusqu'à l'université ;
- formation non institutionnelle : dans cette catégorie entrent toutes les activités éducatives organisées, à l'exception du système éducatif institué, qui s'adressent à un public déterminé et s'appuient sur des objectifs éducatifs particuliers ;
- formation informelle : entrent ici tous les contextes dans lesquels les individus acquièrent des connaissances, des savoir-faire, des attitudes et des valeurs grâce à leur expérience quotidienne et à l'action de l'environnement : famille, quartier, travail, loisirs, marché du travail, bibliothèques et mass media.

Sur la base de cette typologie, nous analysons par la suite les multiples contextes auxquels l'enseignant est exposé en tant qu'apprenant. Les contextes de la formation institutionnelle comprennent d'ordinaire des départements universitaires spécialisés dont l'objet est la formation du futur enseignant, comme nous l'avons évoqué à propos de ce qui se passe en Grèce. Les contextes de la formation non institutionnelle comprennent les différentes occasions de formation continue des enseignants, habituellement postérieure à leur nomination, par le biais de divers agents qui, dans la plupart des cas, sont sous la tutelle de l'État.

Nous considérons que les contextes de la formation informelle ont un poids particulier bien que, étant en relation avec des institutions et des activités débordant du champ de l'institution éducative organisée, ils ne soient pas considérés comme des sources sûres de connaissance dans certaines analyses. Ces contextes sont pourtant importants puisqu'ils interviennent dans la formation des pratiques éducatives (Marland, 1998) à un degré souvent plus grand que les contextes de formation institutionnelle et non institutionnelle. Tout ce qui se passe dans les contextes de la formation informelle façonne continuellement l'identité professionnelle de l'enseignant qui, comme il a été dit, se trouve dans une négociation constante, en particulier dans les conditions de la postmodernité. Dans la formation informelle entrent les activités et institutions suivantes :

- a. l'imprégnation de l'enseignant, c'est-à-dire le fait qu'il a été exposé durant sa vie scolaire et estudiantine à des pratiques qui constituent un réservoir dans lequel l'enseignant, devenu professionnel, puise sans cesse des modèles, des attitudes et des conduites (Greene, 1991). Appelé à enseigner, d'ordinaire et au moins dans les premiers stades de sa vie professionnelle, il se remémore des images et des pratiques des différents cadres et niveaux d'enseignement auxquels il a participé en tant qu'apprenant et les intègre à son rôle d'enseignant ;
- b. l'influence des collègues chevronnés, dans la mesure où les jeunes enseignants surtout sollicitent assez souvent l'opinion de leurs collègues plus âgés et se conforment aux pratiques ayant cours dans l'établissement de manière à s'intégrer progressivement au cercle des enseignants expérimentés ;

- c. les processus au travers desquels la société influence l'institution éducative et qui se trouvent continuellement au centre de la vie scolaire (Agboton & Moussa, 1994). L'exemple le plus représentatif de cette influence est celui des mass media, soit directement – par le fait que les enseignants sont exposés aux messages des mass media – soit indirectement – par le biais des élèves qui amènent à l'école des opinions et des pratiques influencées ou formées par les mass media.

La préparation professionnelle de l'enseignant au cours de sa formation initiale (théorique et pratique) est accomplie si elle comprend la préparation de l'enseignant à gérer les influences des formes informelles de formation. La manière de se placer par rapport aux différents facteurs de la formation informelle évoqués plus haut présuppose un processus d'analyse critique et souvent de déstructuration des pratiques non fonctionnelles. Dans les conditions évoquées plus haut, la notion de l'enseignant apprenant à vie prend un sens : désormais il se forme en tant que sujet actif, en mesure d'exploiter toutes les nouvelles sources d'apprentissage tout au long de son parcours professionnel, que ce soit dans des contextes institutionnels, non institutionnels ou informels.

Nous considérons que les travaux pratiques (dont l'analyse suit) dans le cadre de la formation institutionnelle des enseignants constituent un élément favorable à leurs études car sont réunis là la plupart des facteurs évoqués plus haut. Et cela parce qu'il est donné aux étudiants/futurs enseignants d'une part, de pouvoir appliquer sur un plan pratique les connaissances théoriques qu'ils ont acquises et, d'autre part, d'être confrontés aux influences des contextes informels de la formation qu'ils doivent utiliser et restructurer.

Les travaux pratiques des futurs enseignants : cadre général de fonctionnement

Le stage de pratique professionnelle a été peu étudié par les chercheurs grecs pour ce qu'il apporte au développement des pratiques des enseignants et à l'élaboration de leur identité professionnelle. Dans les programmes d'études des Départements des Sciences de l'Education, dont la maîtrise est nécessaire pour exercer dans l'enseignement préscolaire ou primaire, on observe que l'organisation de ces stages (durée, mode d'intégration dans les programmes d'études, etc.) n'est pas homogène dans les universités grecques. Malgré d'éventuelles différences, le point commun des « travaux pratiques » est que les étudiants sont invités à organiser et à réaliser des activités ayant des objectifs éducatifs prédéfinis et suivant des approches pédagogiques précises.

Le stage pratique constitue une partie importante du programme d'études au sein du Département des Sciences de l'Education – Section préscolaire de l'Université de Patras, puisqu'il donne aux étudiants la possibilité de relier la théorie à la pratique et d'entrer pour la première fois en contact avec leur environnement et leur communauté professionnels. Concrètement, ces travaux pratiques sont organisés sur la base du travail des étudiants par petits groupes (4-5 personnes) sous la direction d'un enseignant chevronné constituant, pourrions-nous dire, un réseau d'apprentissage où le responsable de l'équipe a aussi le rôle du facilitateur. Nous décrirons plus loin la structure et le contenu de ce stage.

Au départ est organisée une réunion générale rassemblant tous les étudiants qu'on informe alors de leurs obligations dans les établissements. Des explications sont données quant au lieu ainsi que des directives concernant le premier contact avec les puéricultrices de l'école, les horaires, leurs contacts avec les enfants et plus généralement leurs comportements dans l'établissement. Les étudiants se regroupent ensuite entre eux et se chargent de développer des programmes journaliers d'activités qu'ils discutent avec leur responsable au cours de réunions particulières, avant de les mettre en œuvre.

Après la réalisation des activités dans les établissements, celles-ci sont présentées au cours d'une réunion plénière finale : rapport est fait des activités réussies ou non et une discussion est organisée à propos des difficultés rencontrées. Les étudiants sont ainsi invités à évaluer leur pratique au travers de leur perception personnelle de leur performance didactique (par exemple : Quels étaient leurs objectifs de départ ? Que voulaient-ils faire ? Que s'est-il passé finalement en classe ? Que pourrait-on changer ?). Par le biais de cette discussion, les étudiants évaluent leurs propres expériences, écoutent et commentent les différentes approches des autres équipes (éventuellement sur le même thème) et grâce à ce processus, des éléments apparaissent qui contribuent à la révision ou à la réorganisation de leur activité (Que feraient-ils autrement s'ils devaient refaire le même programme ?).

La structure de ces stages (au Département des Sciences de l'Education – Section préscolaire de l'Université de Patras), telle que nous l'avons rapidement décrite, ainsi que l'orientation empirique plus générale des travaux pratiques en Grèce, nous amène à réfléchir sur le rôle et la nature de cette activité au cours de la formation initiale des enseignants. Bien que, comme cela apparaît, les didactiques des disciplines particulières apportent des réponses satisfaisantes au développement du contenu des activités didactiques, des contributions théoriques donnant un sens précis à la préparation des futurs enseignants à l'exercice de leurs pratiques pédagogiques est nécessaire. C'est pourquoi nous examinerons à présent des approches relatives à ce domaine, provenant des recherches théoriques de deux champs scientifiques spécialisés : l'éducation tout au long de la vie et l'anthropologie.

L'éducation tout au long de la vie et l'approche anthropologique dans la formation des enseignants : contributions théoriques

Les approches théoriques présentées ici concernent moins la dimension didactique du rôle de l'enseignant qu'elles n'envisagent l'enseignant comme adulte et apprenant à vie et comme sujet sans cesse réflexif. Ces approches ne sont pas identiques mais se complètent largement et présentent une grande cohérence ; elles s'articulent sur les dimensions du rôle de l'enseignant dans les conditions réelles.

L'apprentissage transformatif

L'apprentissage transformatif, notion directement reliée aux développements en cours dans le domaine de l'éducation des adultes, a été défini par Mezirow (2003) « comme l'apprentissage qui transforme les cadres de référence problématiques de manière à les rendre plus riches, plus denses, plus ouverts, plus réflexifs et donc supérieurs aux cadres initiaux. En effet, ils créent de nouvelles convictions et de nouveaux points de vue pour le déploiement de l'action. Les cadres de références sont faits de relations interpersonnelles, d'orientations politiques, de préjugés culturels, de normes morales, de valeurs esthétiques ou encore de paradigmes scientifiques » (Mezirow, 2003, p. 2). Comme le rapporte Balleux (2000, p. 277), « cette nouvelle dimension s'inscrit logiquement dans la perspective où la réflexion joue un rôle important dans l'intégration de l'expérience de l'apprenant, à sa propre histoire ».

Mezirow (1998) considère l'apprentissage transformatif comme une approche se référant exclusivement aux adultes et met l'accent sur le cadre culturel dans lequel s'inscrivent les processus d'apprentissage, sur la création de sens et sur la notion de réflexion. Cette dernière se subdivise de la façon suivante :

- la réflexion, qu'il considère comme un retour sur l'expérience ; notion voisine de celle de la simple prise de conscience d'un objet ou d'une pratique ;
- la réflexion critique, qui renvoie à l'évaluation de l'expérience et peut éventuellement conduire à des transformations au niveau des cadres de référence, jusqu'alors stables, du sujet ;
- l'autoréflexion critique qu'il identifie à l'autoévaluation des convictions du sujet et qui implique la critique des dimensions du champ dans lequel est impliqué le sujet apprenant.

Les communautés de pratique

Lave et Wenger (1991) ont défini une approche théorique de l'apprentissage en référence aux conditions sociales, d'après laquelle l'apprenant n'acquiert pas un corpus de connaissances théoriques et abstraites qu'il devrait par la suite recadrer pour le rendre fonctionnel pour l'action, mais au contraire, apprend en participant aux processus d'un cadre particulier. Cette approche permet d'interpréter les manières d'apprendre des débutants dans un domaine professionnel (comme les jeunes ou les apprenants enseignants) par le biais de leur intégration dans ce domaine. Pour décrire la participation, limitée et largement dirigée, des jeunes professionnels, on utilise la notion de participation périphérique légitimée (*legitimate peripheral participation*). En effet, les jeunes professionnels participent aux communautés de professionnels expérimentés et la conquête du savoir ainsi que l'acquisition de compétences exigent d'eux qu'ils avancent progressivement vers une participation complète aux pratiques sociales et culturelles de ces communautés qu'on appelle communautés de pratique. D'après Lave et Wenger (1991), la participation périphérique légitimée explique les relations entre débutants et expérimentés, la création d'une identité et les processus par le biais desquels les débutants deviennent progressivement membres de ces communautés.

Cette approche, d'après laquelle l'apprentissage est situé, constitue pour beaucoup une redéfinition de la notion d'apprentissage (Vaast, 2002) sous l'angle des conditions sociales actuelles où l'apprentissage n'occupe plus la première place dans la préparation des futurs professionnels, mais a été confiée en grande partie à l'institution d'enseignement formel. Cependant, elle nous offre une optique d'analyse des premiers stades d'intégration dans la communauté professionnelle, ainsi que de l'intégration à l'essai dans le cercle des collègues expérimentés. Par intégration à l'essai, nous entendons ici l'enseignement à l'essai des futurs enseignants tel qu'il se réalise dans le cadre du stage pratique et qui constitue la pierre de touche du programme d'enseignement des Départements de Sciences de l'Éducation en Grèce.

L'optique anthropologique

Comme il a déjà été dit, vue sous l'angle de l'éducation tout au long de la vie, la formation, y compris celle des enseignants, consiste en un continuum qui s'étend de la formation institutionnelle à la formation non institutionnelle ou informelle. L'anthropologie peut étudier n'importe lequel des éléments de ce continuum qui, à l'évidence, varie selon les conditions sociales, les systèmes éducatifs et les individus qui les constituent.

Les études anthropologiques peuvent contribuer à l'élaboration d'approches théoriques concernant l'éducation, tout en mettant à profit la particularité de chaque cas étudié. Démontrant ainsi la spécificité de chaque cas de formation, la recherche anthropologique fournit aux parties impliquées la possibilité de reconnaître avec une précision scientifique le point où elles se trouvent. Nous pourrions dire que l'anthropologie peut permettre à un enseignant de mieux se connaître lui-même et mieux se situer comme éducateur dans le champ éducatif et social.

Dans le cadre de la formation des enseignants, la méthode de recherche anthropologique, c'est-à-dire l'ethnographie, peut être enseignée. En apprenant à faire de l'ethnographie de façon à pouvoir l'appliquer ne serait-ce que de façon élémentaire, les apprenants enseignants sont armés. Ils acquièrent un outil de recherche qu'ils pourront utiliser quand ils le voudront dans le cadre de leur parcours éducatif pour voir où ils en sont en tant qu'éducateur. Elle pourrait par exemple leur servir à repérer par quelle tendance sociale est influencé tel problème éducatif auquel ils sont confrontés. Ils pourraient également essayer de déterminer à quel point de participation périphérique légitimée se trouve leur intégration dans un ensemble éducatif. Au reste, la définition théorique de l'apprentissage, dans le cadre de la participation périphérique légitimée, s'appuie aussi sur des recherches anthropologiques dans différents groupes professionnels, comme par exemple celui des sages-femmes (Lave & Wenger, 1991 pp. 61-87). Les enseignants pourraient aussi appliquer l'ethnographie pour essayer de dépister des modèles « dominants » et « muets » (Ardener, 1998, pp. 127-133) dans le cadre d'une pratique éducative à laquelle ils participent, conduisant ainsi à une approche très analogue à celle de l'apprentissage transformatif de Mezirow (1998).

Utilisée par l'enseignant pour investiguer la pratique éducative à laquelle il participe, l'ethnographie peut l'aider à approcher aussi bien la subjectivité socialisée dans la pratique éducative qu'il enseigne et où les apprenants interviennent, que les subjectivités de l'environnement social global dans lequel s'insère la pratique enseignante en question. De nombreuses recherches anthropologiques ont démontré que l'ethnographie peut éclairer une situation de formation précise, montrant certains de ses aspects qui auparavant étaient totalement invisibles. Quand l'enseignant adopte le point de vue du chercheur en anthropologie, entreprenant donc une recherche sur le terrain dans le champ social dans lequel il enseigne, il peut y puiser une connaissance significative de ce qui se passe autour de lui. Sa recherche ne peut bien évidemment pas avoir les qualités de détail, de complétude et de scientificité d'une recherche aboutie menée par un spécialiste. Mais, même si l'ethnographie a été appliquée de façon limitée, elle lui permet en revanche de connaître des éléments de la subjectivité sociale reliée à la pratique éducative à laquelle lui-même participe.

Bien sûr, le danger que l'enseignant/chercheur soit dévoyé et projette ses propres représentations dans la recherche, subsiste toujours. Cela occupe aussi du reste les chercheurs expérimentés qui, ces dernières décennies, expriment fortement leurs préoccupations sur ce point par le biais de la réflexivité. Aussi, grâce à la connaissance de cette préoccupation de réflexivité de l'anthropologie, l'enseignant/chercheur est-il sensibilisé au fait que si en tant que chercheur il porte en lui ses préjugés sociaux, en tant qu'enseignant il les met sans doute en pratique inconsciemment.

En fait l'anthropologie étudie la subjectivité que construit un ensemble social. Un tel ensemble social pourrait aussi bien être une classe, ou le cadre social plus large qui la contient. Dans le cadre d'une telle approche en tous cas, la subjectivité de l'enseignant lui-même ne peut être ignorée. Mais dans ce cas, la réflexivité devrait être poussée jusqu'à la connaissance de soi.

La dimension réflexive de l'anthropologie, qui relie l'anthropologue à son objet d'étude, prend en compte la subjectivité de l'enseignant. On pourrait définir rapidement l'approche anthropologique en question comme une invite faite à l'enseignant de s'inscrire lui-même dans l'étude de terrain qu'il génère (Sotiropoulos, 1985).

Intéressante et complémentaire est la proposition éducative que Fotinas (1998) a développée à ce sujet dans le cadre de l'Université de Montréal (Fotinas, 1998) et qui s'intègre aux systèmes d'enseignement ouverts. Associant la méthode de recherche anthropologique à une approche adlérienne, elle fait le lien entre l'individu et les conditions sociales. L'approche adlérienne, tentant de révéler le point de vue subjectif à partir duquel l'individu envisage lui-même les autres et la société, en démarrant autant que possible sans hypothèse préalable, s'accorde avec la méthode de recherche anthropologique qui tente de manière correspondante de comprendre les différentes subjectivités impliquées dans une situation sociale donnée (Sotiropoulos, 2005). Cette démarche pousse l'enseignant à réfléchir à la manière dont lui et les « autres » agissent dans une pratique éducative de manière à pouvoir concevoir des manières de faire susceptibles de l'améliorer. La démarche de l'auto connaissance dans ladite proposition démarre et aboutit potentiellement à l'éducation transpersonnelle (Fotinas, 1998).

La dynamique des travaux pratiques et le professionnel réflexif

Le stage pratique fonctionne comme une expérience d'apprentissage essentielle pour les futurs enseignants du préscolaire dans la mesure où il leur permet d'éprouver leurs capacités. Parallèlement, il offre un environnement sécurisé où les erreurs peuvent devenir source d'apprentissage et renforcer leur capacité à enseigner. De plus, dans le cadre déterminé ici, il peut constituer un guide pour les futurs enseignants en leur apportant les outils

propres à les aider à prendre conscience de ce que justement ils cherchent au moment où ils réfléchissent sur leur pratique et cela en pouvant utiliser des approches variées. Les travaux pratiques peuvent en effet aiguïser leurs capacités perceptives et leur sens critique de manière à ce qu'ils puissent lire les données de leur environnement.

De cette façon, l'étudiant futur enseignant peut utiliser des stratégies qui facilitent sa réflexion (à tous les niveaux, en portant l'accent sur l'autoréflexion critique). Car elles l'aident à organiser sa pensée et son action en appliquant correctement ses objectifs dans sa pratique éducative, en se posant des questions, en repérant des situations problématiques et en trouvant des modes d'action et des manières de leur faire face. De même, grâce à l'application de certains éléments de la méthode de recherche anthropologique, par exemple en enregistrant le comportement de certains enfants dans la classe, en observant et en analysant le comportement ou l'action des autres, il peut éclairer différents aspects du processus d'enseignement et mieux percevoir ce qui se passe, aboutissant à des conclusions le conduisant éventuellement à de nouvelles actions qui s'inscriront dans une relation dialectique à son environnement.

De plus, le stage pratique peut contribuer à la création et au renforcement de réseaux d'apprentissage, de communication et d'action commune entre futurs enseignants et enseignants chevronnés, créant un cadre de référence quant à la manière d'affronter certains problèmes et situations concrets à l'intérieur et en dehors de la classe. Par le biais du contact avec la classe, l'opportunité est donnée aux futurs enseignants de participer activement au processus d'enseignement, de comprendre le sens des actions auxquelles ils participent, mais aussi d'être sensibilisés aux particularités de la communauté professionnelle à laquelle ils sont appelés à s'intégrer.

Les différentes directions développées plus haut constituent une base propice à faire émerger les besoins et les intérêts particuliers des futurs enseignants dans le cadre du stage afin que ce dernier prenne un sens à leurs yeux et simultanément, favorise l'initiative et l'action autonome. Notre expérience des stages montre par exemple que les étudiants ont souvent besoin d'encouragement et d'appui de la part des enseignants expérimentés, notamment sur des sujets qu'ils craignent de ne pouvoir traiter (par exemple les mathématiques ou les sciences expérimentales) et ne veulent pas abandonner dans le programme de la journée qu'ils mettront en œuvre mais souhaitent trouver des manières de les adapter à leurs capacités. De même, la réalisation d'un programme présente souvent des difficultés dues soit à des particularités de la classe (par exemple beaucoup d'enfants dans une seule classe, un grand nombre de petits, des enfants d'une autre nationalité) soit à l'étudiant lui-même (stress, manque de préparation, excès de confiance en soi, ignorance des véritables besoins des enfants). Il est donc important d'intégrer les pratiques de l'apprentissage transformatif et de mettre en œuvre des stratégies particulières qui contribueront à la création de réseaux d'apprentissage efficaces.

L'apprentissage transformatif peut dans ce cas faciliter et promouvoir la réflexion (tirer profit de l'expérience de la pratique éducative quotidienne), la réflexion critique (évaluation de cette expérience et prise de conscience plus profonde), mais aussi l'autoréflexion critique. Dans la perspective de l'enseignant en tant que sujet continuellement apprenant, nous considérons cette dernière comme particulièrement importante pour disposer de la capacité à toujours pouvoir mettre à profit les stimulations qu'il reçoit de la part du cadre culturel, du système éducatif, de ses élèves et de ses collègues. A titre indicatif, rappelons que Cranton (2006), adoptant l'approche de Mezirow (1998), propose des stratégies précises pour développer l'apprentissage transformatif, parmi lesquelles celle du réseau d'apprentissage. Ce dernier consiste en activités qu'on retrouve dans les « travaux pratiques » comme la formation par petits groupes, la création d'équipes de travail dans lesquelles les apprenants s'occupent d'un domaine d'intérêt commun sur une longue période et la formation par les apprenants eux-mêmes (apprentissage par les pairs) dans le but d'échanger des expériences. Dans le cadre de l'apprentissage transformatif, le responsable des équipes joue le rôle du facilitateur (Brookfield & Preskill, 1999) mettant l'accent sur le soutien des étudiants afin qu'ils étudient un éventail de visions différenciées, sur la reconnaissance et la recherche des convictions des étudiants, sur l'attention et l'écoute respectueuse de toutes les opinions, sur l'acceptation de la différence, sur le respect des opinions des étudiants et enfin sur la promotion de l'apprentissage coopératif afin que les étudiants se considèrent co-créateurs du nouveau savoir et des nouvelles expériences.

Les travaux pratiques sont une expérience d'apprentissage qui facilite la réflexion (Amobi, 2005) par le biais d'une collaboration mais aussi d'une confrontation de points de vue des futurs enseignants dans les groupes, posant les fondements d'une mise en relation à long terme de l'enseignement et de la réflexion qui constitue le bagage professionnel de base du futur enseignant.

L'approche ethnographique, même élémentaire, permet à l'apprenant-enseignant de se situer par rapport aux conditions éducatives, et par extension, aux conditions sociales dans lesquelles lui-même et la pratique éducative à laquelle il participe sont intégrés. Cette approche accompagne aussi les tendances de l'éducation tout au long de la vie contribuant à la gestion des thèmes auxquels l'enseignant est confronté durant son parcours d'enseignant. Personne ne peut, au cours du stage, achever une recherche anthropologique, bien sûr ; le temps imparti, limité, ne le permet pas. Cependant, au cours de ses travaux pratiques, l'étudiant peut, s'il le veut, utiliser certains éléments de la méthode de la recherche anthropologique (une observation ponctuelle, une petite interview auprès de la puéricultrice de la classe où elle enseignait) qui incorpore ensuite le travail réflexif sur la pratique didactique effectuée.

Ainsi qu'elle a été présentée ici, la réflexion critique sur la pratique par le biais d'approches voisines et complémentaires est, sur un plan théorique, contenue dans le programme d'enseignements du Département de Sciences de l'Éducation – Section préscolaire de l'Université de Patras ; mais le stage donne aux étudiants la possibilité de l'exercer dans des conditions réelles. Il fait donc le lien entre les cours théoriques et la pratique professionnelle et sa réalité quotidienne, leur apportant une première familiarisation avec les outils qui les aideront à réfléchir et à analyser leur action d'un point de vue critique. Ainsi parvient-on à développer et à mettre à profit des conditions de communication, de collaboration et d'échanges sociaux entre les participants. Enfin, le stage pratique permet aussi aux apprenants enseignants d'acquérir un savoir quant à ce qui se passe autour d'eux et à leur subjectivité et de développer des savoir-faire que ces futurs enseignants pourront appliquer dans les multiples cadres qu'apprenants à vie ou professionnels, ils rencontreront sur leur parcours.

Références bibliographiques

- Agboton, S. & Moussa, Y.M. (1994). Formation des enseignants dans une perspective d'éducation permanente au Bénin. *Revue Internationale de l'Éducation*, 40(3-5), 223-234.
- Amobi, F.A. (2005). Pre-service teacher's reflectivity on the sequence and consequences of teaching actions in a microteaching experience. *Teacher Education Quarterly*, 32(1), 115-130.
- Ardener, E. (1998). *The voice of prophecy and other essays*. Oxford : Chapman-Blackwell.
- Balleux, A. (2000). Evolution de la notion d'apprentissage expérientiel en éducation des adultes : vingt-cinq ans de recherches. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 26(2), 263-285.
- Borko, H. (2004). Professional development and teacher learning: mapping the terrain. *ducational Researcher*, 33(8), 3-15.
- Brookfield, S. & Preskill, S. (1999). *Discussion as a way of teaching : Tools and techniques for democratic classrooms*. San Francisco : Jossey Bass.
- Coombs, P.H. (1968). *The world educational crisis : A systems analysis*. New-York : Oxford University Press.
- Coombs, P.H. & Ahmed, M. (1974). *Attacking rural poverty: How non-formal education can help*. Baltimore : John Hopkins University Press.
- Cranton, P. (2006). *Understanding and promoting transformative learning : A guide for educators of adults*. San Francisco : Jossey Bass.
- Edwards, R. & Usher R. (2001). Lifelong Education : A post-modern condition of education ? *Adult Education Quarterly*, 51(4), 273-287.
- Faure, E. (1972). *Apprendre à être*. Paris : U.N.E.S.C.O.
- Fotinas, C. (1998). *Bavardage d'un vieux prof avec son petit-fils; une révolution non violente en éducation*. Montréal : Editions Ecosociété.
- Giddens, A. (1992). *The Consequences of Modernity*. Stanford : Stanford University Press.
- Greene, M. (1991). Teaching : The Question of Personal Reality. In A. Lieberman & L. Myller (Eds.), *Staff Development for Education in the '90s* (pp. 3-14). New-York : Teachers College Press.
- Jacobs, G.M. (2001). Providing the scaffold : a model for early childhood /primary teacher preparation. *Early Childhood Education Journal*, 29(2), 125-130.
- Jarvis, P. (2007). *Globalisation, Lifelong Learning and the Learning Society : Sociological Perspectives*. London : Routledge.
- Karalis, T., Ravanis, K. & Komis, V. (2007). La formation des enseignants du préscolaire et du primaire en Grèce entre 1984 et 2006 : contradictions et défis. In T. Karsenti, R.P. Garry, J. Bechoux & S.T. Ngamo (Eds.), *La formation des enseignants dans la francophonie : diversités, défis et stratégies d'action* (pp. 344-356). Paris : AUF.
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning : Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Marland, P. (1998). Teacher's practical theories : implications for pre-service teacher education. *Asia-Pacific Journal of Teacher Education & Development*, 1(2) 15-23.
- Mezirow, J. (1998). On Critical Reflection. *Adult Education Quarterly*, 48(3), 185-198.
- Mezirow, J. (2003). Transformative Learning as Discourse. *Journal of Transformative Education*, 1(1), 58-63.
- Peters, O. (1998). *Learning and Teaching in Distance Education*. London : Kogan Page.
- Sotiropoulos, L. (1985). A Suggestion. *Journal of the Anthropological Society of Oxford*, 16(2), 117-120.
- Sotiropoulos, L. (2005). Intégrer à la fois le "social" et "l'individuel" dans l'analyse ethnographique. *Revue Européenne d'Ethnographie de l'Éducation*, 4, 95-100.
- UNESCO (1976). *Recommendation on the Development of Adult Education (Nairobi General Conference)*. Paris : U.N.E.S.C.O.
- Vaast, E. (2002, juin). *Les communautés de pratique sont-elles pertinentes ?* Communication à la 11^e Conférence de l'AIMS. Paris : ESCP-EAP.
- Veenman, S. (1984). Perceived Problems of Beginning Teachers. *Review of Educational Research*, 54(2), 143-178.
- Wilson, S.M., Floden, R.E. & Ferrini-Mundy, J. (2002). Teacher Preparation Research, an insider's view from the outside. *Journal of Teacher Education*, 53 (3), 190-204.

Si la science m'était contée

Claudio Rubiliani

• Equipe Gestepro, U.M.R. A.D.E.F., Université de Provence
 claudio.rubiliani@laposte.net

Résumé

Compte tenu de l'évolution de notre société, l'un des principaux objectifs de l'enseignement scientifique à l'école primaire est d'amener les enfants à dissocier le réel de l'imaginaire. Nous proposons des outils innovants, que nous avons expérimentés, pour une meilleure appréhension du réel en s'appuyant d'abord sur une fiction avec comme support un ouvrage de littérature de jeunesse. Deux exemples parmi ceux testés en classe sont développés. L'impact de cette approche est discuté. Elle se révèle particulièrement féconde pour traiter avec de jeunes enfants des problèmes tels que la biodiversité ou la construction de soi.

Mots clés

Aides didactiques – Biologie – Culture scientifique – Littérature de jeunesse – Premier degré

Abstract

Discrimination between reality and fiction is a major aim in scientific education today. After a short overview of the evolution of scientific curricula in primary school, we withdraw a new approach in didactic of sciences : the use of the fiction for a better understanding of the reality. Or skills are albums of literacy for children. We give two tested exemples concerning biology where albums are used to deal with problems like biodiversity or self-construction (physiological and psychological aspects). The originality and the impact of this approach are discussed.

Key Words

Biology – Didactic Skills – Litteracy – Primary School – Scientific Culture

Introduction

Depuis la naissance de l'école publique laïque et obligatoire en France, sous Jules Ferry, l'enseignement scientifique a toujours été inclus dans les programmes officiels. Cet enseignement a reçu des intitulés divers, censés représenter une évolution des méthodes et des contenus. Une constante toutefois, qui distingue l'enseignement primaire du secondaire : les sciences y ont toujours figuré de manière globale, sans cloisonnement disciplinaire net, et les techniques y ont toujours été associées, implicitement d'abord, explicitement à partir de 1970.

Cette globalisation a l'avantage de permettre une approche de la culture scientifique plus proche de la réalité sociale des sciences. Toutefois, sur le plan didactique, la diversité des champs disciplinaires inclus sous l'intitulé Sciences aurait pu se traduire par l'émergence d'une diversité d'approches et de méthodes. En réalité, au cours du siècle écoulé, force est de constater qu'à chaque nouvelles instructions officielles, un seul type d'approche est proposé – voire imposé – en fonction des finalités à dominante pratique ou culturelle assignées aux sciences, d'une part, et de la conception de la démarche scientifique des concepteurs des programmes, d'autre part.

Au sein des sciences expérimentales, la biologie a un statut un peu particulier. En effet, aucune loi n'y existe, si ce ne sont des lois statistiques : c'est la science du complexe et face à chaque exemple, il y a toujours une ou plusieurs exceptions. Par ailleurs les aspects éthiques y sont essentiels, dans la mesure où l'on traite du vivant et non d'objets. La biologie est très révélatrice des limites de ces visions monolithiques de l'enseignement scientifique et par là un terrain de contestation et d'expérience. Notre présent travail a consisté à proposer des outils innovants assurant une diversification des approches dans l'enseignement des sciences – en biologie

essentiellement – en nous appuyant en particulier sur des aspects affectifs et des références fictionnelles généralement écartées car jugées non scientifiques.

La science en toute subjectivité

Point commun de toutes les instructions officielles concernant les sciences à l'école primaire (enfants de trois à dix ans) depuis la Leçon de chose de 1887 : une seule démarche scientifique est proposée. Si le modèle de la démarche varie (de l'OHERIC de Claude Bernard à la démarche d'investigation aujourd'hui), une dominante demeure : la science a pour objet la connaissance du réel et cette connaissance se construit essentiellement, voire exclusivement, par confrontation, observation, manipulation de ce réel.

Dans la Leçon de choses, le réel est une vérité donnée (héritage du positivisme) et la science doit être utile au quotidien. Mais il s'agit d'une science figée, de connaissances objectives maîtrisées par les enseignants et transmises aux élèves.

La dissociation de l'enseignement scientifique de l'évolution des sciences dans la société, l'absence de réel questionnement, ont rapidement conduit la Leçon de chose à devenir une leçon de mots, comme le dit Bérard (2001). La dimension expérimentale se réduit en fait à une concrétisation illustrative, nourrissant ainsi l'ambiguïté qui subsiste encore de nos jours derrière le terme expérience lorsqu'il s'agit de manipulations effectuées par les élèves en classe (Orange, 2002).

Héritage direct des bouleversements sociaux de mai 68, la démarche d'éveil fait son apparition en 1969 à travers l'arrêté instituant le tiers temps pédagogique. Les disciplines d'éveil sont déclinées en programme précis à partir de 1974 seulement. Contre-pied complet de la leçon de chose, l'enseignement scientifique proposé par la démarche d'éveil s'appuie essentiellement – voire exclusivement – sur l'enfant. Les fondements en sont ouvertement le constructivisme. De primordiales, les connaissances deviennent secondaires, les compétences étant privilégiées. Compétences non pas spécifiquement scientifiques mais plus largement transversales dans un objectif général de développement de l'enfant. Toutefois, cette approche s'est révélée également limitée et génératrice de dérives. L'aspect concret, manipulatoire, réaffirmé n'a pas levé l'ambiguïté du statut de l'expérience en classe, bien au contraire. Toute manipulation était alors considérée comme expérience pour peu qu'il y ait eu une question au départ (question dont l'enseignant possède la réponse, ce qui est spécifique de l'enseignement et qui le distingue par là de la recherche scientifique), entretenant l'illusion de l'enfant-chercheur.

Face aux dérives occupationnelles ou, plus simplement, au renoncement à tout enseignement scientifique consécutif à la mise en place de la démarche d'éveil, les instructions officielles suivantes, en 1985, prônèrent un retour aux connaissances. Les prescripteurs, cette fois, se limitèrent à un catalogue de contenus, sans indication précise concernant les démarches. L'innovation trouva alors sa place en dehors de toute injonction officielle, en s'appuyant plutôt sur le constat des échecs précédents (Giordan, 1978). A cette époque, les travaux de De Vecchi (De Vecchi & Giordan, 1989) en particulier, sur l'exploitation des représentations ou conceptions initiales des enfants, ont amorcé un nouveau virage dans la didactique des sciences. En effet, pour la première fois, l'apprentissage scientifique n'était pas simplement conçu comme une confrontation directe et exclusive avec le réel. L'imagination occupait enfin une place. Pas seulement à travers un questionnement ou la conception de dispositifs, comme dans la démarche d'éveil, mais à travers la figuration d'images mentales. Cette approche s'est révélée assez fructueuse en biologie dans des domaines non expérimentaux, comme l'intérieur du corps (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997 ; Documents d'accompagnement des programmes, 2005). Mais le traitement pédagogique de ces représentations se limite généralement à une confrontation entre les diverses représentations et une réalité présentée comme objective, à une manière de gommer le subjectif. Cette normalisation est forcément réductrice dans des domaines où l'affectif, le non dit, ont une importance primordiale, tel le domaine de la connaissance du corps. Par ailleurs, sur le plan de la mise en œuvre pédagogique, l'exploitation des conceptions des enfants n'est pas sans poser soucis aux enseignants qui se trouvent confrontés à une diversité d'erreurs qu'ils vont essayer de ramener vers une vérité. Mais laquelle et comment ?

Face à ces interrogations et aux impasses précédentes, nombre d'enseignants renoncèrent à tout enseignement scientifique, pourtant inscrit dans les programmes. Sous l'impulsion de Charpak, en 1996, est lancée l'opération *La main à la pâte*, notée plus loin MAP (Charpak, Léna & Quéré, 2006). Nous ne développerons pas ici les divers points positifs et négatifs soulevés par cette opération médiatisée, points déjà traités par ailleurs (par exemple Rubiliani, 2005 ; Zapata, 2006). Nous en retiendrons seulement qu'encore une fois, l'enseignement scientifique est déclaré comme ne devant relever que d'une seule démarche, dite expérimentale, vue cette fois à travers le prisme déformant des physiciens concepteurs : le réel s'apprend seulement par confrontation au réel et tout est considéré comme objet, même le vivant. D'où l'impasse de cette approche dogmatique pour l'enseignement de la biologie en particulier.

Face aux limites et aux dérives manipulatoires très tôt marquées par la MAP, les nouveaux programmes de l'école primaire proposent un Plan de Rénovation de l'Enseignement des Sciences et des Techniques à l'Ecole

(PRESTE), consensuel, reprenant les avancées précédentes. Si la démarche d'investigation prônée s'appuie toujours sur la confrontation au réel et sur le questionnement par l'enfant, l'imaginaire n'est pas ignoré. S'il n'apparaît pas expressément dans les programmes et instructions, il figure dans les documents d'accompagnement à travers l'exploitation des conceptions des élèves. Par ailleurs, un lien fort est renoué avec l'apprentissage des langages, aussi bien mathématique que français écrit et oral et par l'importance redonnée à la documentation en sciences. « L'enrichissement des connaissances s'appuie sur des expériences vécues mais passe aussi par la découverte de documents (imprimés ou numérisés) grâce à la médiation de l'adulte qui lit, explique, commente les textes comme les images ou les schémas » (Qu'apprend-on à l'école, 2002, p. 120) et « Il est essentiel que l'enseignant favorise la structuration du langage par la reprise quotidienne du champ lexical étudié et des images mentales associées » (Document d'accompagnement : découvrir le monde, 2005, p. 24).

Cet essai de cohérence globale esquissé, même s'il privilégie une démarche concrète, permet, par les brèches qu'il ménage, des possibilités d'ouverture vers des innovations et une diversité des démarches. C'est une de ces brèches que nous avons exploitée depuis plusieurs années en proposant un enseignement scientifique qui peut aussi prendre appui d'abord sur la fiction afin de mieux cerner le réel.

En partant également du constat de désaffection, voire de peur, d'un enseignement scientifique dans le premier degré, nous avons postulé que, contrairement à ce que pense l'équipe MAP, il ne s'agit pas essentiellement d'un problème de savoir faire et de connaissances mais du fait que les enseignants, majoritairement, ne font pas de sciences parce qu'ils n'y trouvent pas de sens. Ils n'osent pas, car les finalités de l'enseignement scientifique demeurent floues, entre le pragmatisme et le culturel. Les enseignants y projettent une vision de leur propre scolarité, de l'image d'une science telle que la véhiculent trop souvent les médias : science = somme de connaissances maîtrisées par quelques élus. Paradoxalement, la science, domaine du rationnel, est perçue majoritairement de manière profondément irrationnelle (Rubiliani, 2000).

Sur ces bases, nous avons défini ce qui était pour nous les enjeux majeurs d'un enseignement scientifique à l'école primaire : la construction d'une culture scientifique, un ensemble de savoirs structurés et de valeurs permettant un rapport cohérent au monde (Rubiliani, 2000, 2003, 2005). Une culture en lien direct avec la société et son évolution et donc prenant en compte les problèmes de société. Parmi ceux-ci, un des problèmes essentiels que l'école ne peut ignorer et qui implique directement les sciences est celui de la confusion entre le réel et l'imaginaire. Cette confusion est notamment induite ou renforcée par l'exploitation de certaines technologies et les diverses déclinaisons médiatiques (mondes virtuels, abolition des repères d'espace et de temps par les technologies de l'information, par les supports-images, ...). La différenciation entre le réel et la fiction devient donc un enjeu majeur, et elle ne peut être traitée si l'on néglige la prise en compte du fictionnel sous ses différentes formes à l'école.

A ce paramètre majeur, on doit ajouter que la non-acquisition voire la déperdition des repères spatio-temporels chez les enfants tend à une réduction des temps de concentration, d'action : une génération zapping tendant à l'immédiateté et à l'absence de projection vers le moyen et le long terme. La confrontation avec des temps biologiques incompressibles (telle la durée d'incubation d'un œuf d'oiseau, par exemple) est une nécessité pour l'acquisition d'une composante majeure de l'apprentissage : la patience (Rubiliani, 1996).

Par ailleurs, la motivation des élèves pour les apprentissages est dépendante du sens donné aux apprentissages (Mathy, 1997). En reliant l'enseignement scientifique aux autres enseignements, et en particulier à ceux des langages mais aussi à l'expression artistique et à la créativité, on replace ainsi la science dans la position qu'elle occupe dans la société : élément d'une culture globale, lié à tous les autres, permettant de se repérer dans l'espace et dans le temps, déterminant les frontières du réel et qui va déterminer nos actions.

Des outils interdisciplinaires pour construire le réel

Sur ces bases, nous avons développé depuis 1992 des pistes de construction de culture scientifique à l'école à partir d'entrées originales :

- passer par le biais de l'affectif pour « accrocher » aux sciences, et en particulier dans le domaine de la biologie. Le corps – le moi – est en effet le premier sujet d'étude du vivant, et celui auquel l'enfant fait toujours, consciemment ou non, référence, lorsqu'il doit aborder un problème. C'est le comparateur de base mais aussi l'inconnu premier. L'image psychique n'est pas seulement le témoin d'un état de la psyché. Elle est un levier puissant de ses changements (Tisseron, 1997) ;
- différencier le réel de la fiction en démarrant de la fiction plutôt que par l'affrontement direct au réel. Pour aller au-delà de l'amorce par les conceptions initiales, qui sont une façon de faire appel à l'imaginaire, nous proposons des supports qui s'appuient plus sur ce que Durand (1969) identifie au sein des structures anthropologiques de l'imaginaire comme des constructions partagées, un imaginaire collectif ;
- s'appuyer sur tous les langages – corps, textes et images – qui vont permettre de structurer la pensée (Héraud, 2006).

Ces trois paramètres sont réunis dans la littérature de jeunesse, et en particulier les albums de fiction ou de fiction documentaire (Rubiliani, 2001) où l'interaction texte-image est très importante. Ces supports *a priori* non scientifiques vont être analysés afin d'en découvrir les éléments sous-jacents fournissant des connaissances scientifiques et moteurs d'une réflexion scientifique.

En effet, les nouvelles instructions officielles, complétées par les documents d'accompagnement, proposent deux démarches complémentaires dans l'enseignement des sciences :

- 1) la confrontation directe avec le réel, qui sera précisé par observations et manipulations, approche classique ;
- 2) la prise en compte des conceptions initiales, soit un appel à l'imaginaire individuel qui va ensuite être confronté au réel, l'objectif étant alors de faire coller à terme l'image mentale, interne, au réel tel que le maître l'a présenté.

Par les liens soulignés entre l'apprentissage des sciences et la maîtrise de la langue, nous avons voulu tester une troisième voie, complétant les deux précédentes, d'accès au réel : une amorce s'appuyant sur une fiction, un imaginaire partagé, construit extérieurement à la classe (auteur et illustrateur de l'ouvrage), pour amener vers une meilleure appréhension du réel qui apparaîtra par analyse, comparaisons et dissection de la fiction et pour forger ainsi l'esprit critique.

Pour distinguer le réel de l'imaginaire, il faut manipuler l'un et l'autre simultanément, les confronter, les comparer après les avoir analysés et ressentis. Il faut se rapprocher du domaine du jeu et de l'imaginaire chez l'enfant. Le jeu est l'occupation la plus intense de l'enfant. Il arrange les choses de son monde suivant un ordre nouveau à sa connaissance et il le fait avec sérieux. L'opposé du jeu n'est pas le sérieux mais la réalité. Le créateur littéraire fait d'ailleurs la même chose que l'enfant qui joue écrivait Freud (1908), dont on rappellera qu'il était d'abord biologiste.

Nous avons déjà montré l'intérêt de cette approche pour dégager les éléments de réalité dans les grands mythes (peur du loup, des monstres, ...). Nous avons également développé cette démarche à caractère interdisciplinaire à partir d'albums de fiction ou de fiction-documentaire traitant de l'écologie ou de la construction de soi (où les paramètres psychologiques et physiologiques sont associés : Rubiliani & Kolodziejczyk, 2002 ; Rubiliani, Kolodziejczyk & Rubiliani-Lenne, 2006).

Depuis plus de vingt ans, sous l'impulsion des québécois, des ouvrages ludiques, spécifiques à l'enseignement des sciences mais s'éloignant des manuels ont été produits. En France, ce type d'ouvrages a été majoritairement diffusé par les éditions *Belin* (*Les petits débrouillards*, *La fête des petits matheux* ou encore *Les voyages de globulo*, par exemple). Cette fois, il s'agit de s'appuyer sur des ouvrages de littérature de jeunesse ordinaires, et principalement des albums associant texte et images, dont la visée première est de divertir, d'interroger, de cultiver de manière générale (fictions) voire de divertir avec une visée affirmée de connaissances (fictions documentaires) tels les albums de la collection *Archimède de l'Ecole des Loisirs* (dont l'accroche est *Des histoires pour comprendre*).

Deux exemples

L'album La reine des fourmis a disparu

Ce livre de Bernard et Rocca (Albin Michel Jeunesse, 1996) figure sur la liste ministérielle des ouvrages de littérature de jeunesse recommandés pour le cycle 3 (8-10 ans).

Nous avons, pour la première fois, proposé l'exploitation de cet album en interdisciplinarité dans le cadre d'une liaison école-collège en 1997 dans la circonscription de Saint-Maixent l'Ecole (79). Il s'agissait d'associer les enseignants de CM2 (10 ans, grade 5) du secteur et les professeurs de Français, Sciences de la Vie et de la Terre et Arts Plastiques des élèves de 6^e (11 ans, grade 6) du collège. Au-delà d'une exploitation se limitant à une étude textuelle ou à une relation texte-image, nous avons proposé un travail amenant les élèves à discuter de sujets scientifiques d'actualité. Ce type de travail a été développé en s'appuyant sur plusieurs ouvrages concernant l'écologie et l'éducation à l'environnement (Rubiliani & Kolodziejczyk, 2002) et il a été présenté dans plusieurs stages de formation continue en France. En ce qui concerne *La reine des fourmis*, une approche comparable a par ailleurs été évoquée (Le Louarn Bonnet, 2006).

L'ouvrage de Bernard et Rocca (1996) est un pastiche de roman à énigme à la manière de Conan Doyle. Deux fourmis, tels Sherlock Holmes et le Dr Watson, partent à la recherche de leur reine disparue. Comme seul indice, un poil blanc que le ravisseur a abandonné sur les lieux de son forfait.

Dans un premier temps, la lecture du texte et des illustrations permet de rechercher d'autres indices complémentaires et d'invalider de nombreuses hypothèses. Elle permet aussi au lecteur de s'impliquer dans la recherche (toujours le processus d'identification distanciée, moteur affectif majeur dans les apprentissages). La collecte d'indices va, d'une part, nous éclairer sur le lieu (la forêt amazonienne) et les divers protagonistes (la faune locale) et, d'autre part, permettre un travail en prolongement sur les notions de classement et de

classification avec l'exploitation de critères pertinents (un autre album tel *Mais où est donc Ornicar ?* Ed. Ecole des Loisirs, peut venir en appui).

Au-delà de cette approche de la systématique, l'ouvrage permet aussi d'aborder une question trop souvent éludée dans l'enseignement des sciences (car semblant aller de soi ?) : celle des démarches scientifiques. Le principe d'accumulation d'indices, tel qu'il est évoqué ici, peut facilement être rapproché de la méthode inductive chère au héros de Conan Doyle. Ce point de départ peut conduire à une étude ludique à la fois littéraire et scientifique sur les démarches d'investigation, leur évolution et leur actualité (Rubiliani, 1997), par exemple en comparant la démarche de nos fourmis et de Sherlock Holmes à celle développée par Agatha Christie pour Miss Marple : la modélisation.

Par ailleurs, l'étude de la relation texte-image dans cet album va aussi permettre de développer la notion de point de vue (relativité des échelles de temps et d'espace, des repères naturels ou culturels, ...).

L'album *La reine des fourmis a disparu*, lorsque l'on s'interrogera sur le mobile du crime et l'auteur de l'enlèvement, va aussi permettre d'aborder des questions vives de science, induisant des débats de classe, des confrontations d'opinions et des recherches documentaires et argumentaires complémentaires (voire une confrontation avec le réel par la construction d'un terrarium pour fourmis et la conduite d'un élevage). En effet, à travers cet ouvrage peuvent être traités le thème de la biodiversité mais aussi celui de l'intérêt des muséums, zoos, collections et recherches fondamentales en systématique (question que nos décideurs devraient plus souvent se poser, compte tenu du mauvais traitement fait à ces départements dans les orientations budgétaires des organismes de recherche). Car le ravisseur de la reine des fourmis n'est autre qu'un chercheur d'un muséum !

Ces points sont généralement ignorés lorsque l'on parle de biodiversité à l'école et ils sont pourtant primordiaux. La biodiversité est mesurable, quantifiable et l'étude de son évolution est d'abord tributaire des recherches sur les indicateurs systématiques avant d'aborder l'étude des facteurs environnementaux et biotiques pouvant influencer sur cette évolution.

L'album Rosa veut maigrir

A partir de l'exploitation de l'album *Rosa veut maigrir* de Desmoineaux (Hachette Jeunesse, 1999), nous avons développé dans *Des albums pour se construire* toute une série de pistes pédagogiques pour un enseignement scientifique où la formation à l'esprit critique est essentielle.

Dans cet album, Desmoineaux (1999) s'attaque au mythe du corps idéal et des images séduisantes totalement déconnectées de la réalité, lesquelles sont divulguées sans modération dans la presse, notamment dans les magazines destinés aux petites filles et aux adolescentes.

Rosa est une vache qui vit heureuse avec Jean, un fermier qui l'adore et à qui elle donne, grâce à son pis dodu, le meilleur lait de la région. Se piquant de désir de célébrité, Rosa veut un jour devenir vache-modèle pour le magazine *Meuh-Meuh Jolie*. Elle entame un régime d'ascète qui la conduira finalement à une maigreur effrayante avec un résultat à l'opposé de ce qu'elle souhaitait. La fin heureuse de l'histoire voit Rosa réagir et reprendre son apparence première pour le bonheur de tous.

Cet album permet de démythifier les images stéréotypées et culpabilisantes auxquelles sont confrontées les fillettes dans le contact avec le papier glacé des magazines. Il offre aussi des possibilités d'échanges d'opinions et de débats sur ce sujet. L'humour et le recours à un animal support sympathique, la vache, permettent un processus d'identification distanciée.

Dans un premier temps, nous avons travaillé, avec des classes de cours élémentaire (7-8 ans, grades 2-3), à la fabrication de couvertures du magazine *Meuh Meuh Jolie*. A partir de l'analyse de magazines dits féminins ou de magazines dits familiaux ou de santé, en particulier ceux proposant des régimes (forcément amaigrissants), des montages et des créations ont été réalisés. Cette phase a permis des débats. Elle a pu se prolonger par l'étude critique de publicités, qui ont été détournées (Rubiliani, 2003).

Dans une seconde étape, un réinvestissement individuel est effectué à travers une production écrite : il s'agit de rédiger un court commentaire, ou un court article, qui accompagne la couverture créée et le régime miracle proposé, par exemple, à partir de l'amorce Devenez Vache-Top en trois semaines : la recette de Claudia Pis-de-Fer. La rédaction de ce texte s'appuie sur une brève étude préalable des temps verbaux utilisés dans l'album.

Enfin, dans une troisième étape, le lien avec les problèmes biologiques est nettement souligné. Il s'agit d'entamer un débat dans la classe autour de la morale de l'histoire par rapport à l'image de la femme (et de l'homme) véhiculée par les magazines, la mode, la publicité.

Un approfondissement à caractère plus spécifiquement scientifique prend alors tout son sens. Il s'agira de traiter d'abord de la question : manger, pourquoi ? Un premier relevé des propositions des enfants se prolonge par un travail plus spécifique sur le rôle et la diversité des aliments. La notion d'équilibre alimentaire – quantitatif et qualitatif – est alors traitée, au niveau d'abstraction adapté, de même que la notion de risque alimentaire.

Ainsi, les objectifs de connaissances et de compétences d'ordre scientifique sont intimement liés à un travail d'expression et de création donnant sens aux apprentissages. L'entrée par un album de fiction permet une

intériorisation et une personnalisation déculpabilisée des problèmes évoqués (de Mijolla-Mellor, 2006), ce qui apparaît indispensable lorsque l'on aborde le domaine de l'éducation à la santé (comme ceux de l'éducation à l'environnement ou à la citoyenneté) dont les objectifs visent à une modification durable des comportements à moyen et long terme.

Conclusion

Les outils innovants proposés ont été utilisés et amendés par les différents enseignants qui les ont testés, en fonction de leurs élèves mais aussi de leur propre personnalité. Aussi nous ne proposerons pas de résultats statistiques sous forme de tableaux ou graphiques qui n'auraient aucune valeur scientifique et tendraient même à renforcer ce que nous avons déjà dénoncé par ailleurs comme contre scientifique, singeant les protocoles de publication des sciences dites exactes (Rubiliani, 2003). Nous nous contenterons modestement de dégager quelques tendances concernant les apprentissages effectifs des élèves par rapport à l'originalité et la spécificité de l'approche.

Les principaux apports de cette démarche ont été relevés par le groupe Prévention de l'illettrisme et élèves en difficulté de lecture (www.bienlire.education.fr) dont les ateliers sont directement inspirés de notre publication (Rubiliani & Kolodziejczyk, 2002). Ces apports concernent des attitudes et des compétences liées au développement de l'enfant. Elles apparaissent en particulier à travers les débats argumentés et les productions écrites générées.

A chaque fois, il y a interaction entre les connaissances scientifiques apportées, et dépendantes du sujet traité à travers l'album, et des compétences plus générales, des attitudes qui représentent des objectifs habituels de l'enseignement scientifique.

- L'enfant d'âge primaire n'est pas naturellement disposé à s'interroger sur le réel mais plutôt à agir sur le réel (le voilà comment ça marche, ça pousse ... n'interpelle pas). Par confrontation avec la fiction, à travers des supports significatifs et motivants, l'enfant est placé en situation d'investigation, d'interrogation. Il prend une posture d'enquêteur qui se retrouve dans son interprétation de l'histoire et des illustrations. Cette posture se retrouve lorsque l'on aborde des situations problèmes que l'étude des ouvrages amène à traiter (Rubiliani & Kolodziejczyk, 2002 ; Rubiliani *et al.*, 2006).
- Les repères temporels et spatiaux donnés par le texte et les images du récit créent une dynamique. En proposant plusieurs points de vue d'un même réel (ceux du narrateur, du héros, des autres personnages, auxquels s'ajoutent les interprétations des différents lecteurs révélées lors des débats argumentatifs ou de formes diverses de questionnements), l'enfant est entraîné à modifier ses angles de vision, autre attitude caractérisée de scientifique. C'est aussi une approche de la complexité.
- En apprenant à dégager le réel au sein d'une œuvre de fiction, l'enfant prend conscience que la fiction prend toujours sa source dans la réalité (et que l'on réécrit sa propre réalité).
- La production d'écrits nourrit l'imaginaire enfantin. Il y a une interaction entre jeu et créativité. Un système d'appropriation se met en place, même quand on veut décrire la réalité. La diversité des productions écrites générées donne sens aux apprentissages. En particulier, on constate une plus grande plasticité dans la reconnaissance et la maîtrise des différents types d'écrits (surtout dans les activités consistant à passer d'un type d'écrit à un autre : du narratif au descriptif).
- De même, la transformation de récit en schéma, la mise en évidence de la diversité des relations texte-image (qui ne sont jamais de simples redondances), développent et donnent sens à la notion de communication de l'information. Nous avons constaté un recours fréquent et spontané au dessin ou au schéma explicatif se substituant à la simple parole.

Par ailleurs, cette approche innovante peut constituer la base de recherches plus ciblées en didactique de la biologie ou des sciences en général.

- L'impact d'une approche déculpabilisante et distanciée dans la construction de soi et en particulier pour traiter des problèmes comme la maltraitance (conformément aux programmes de l'école primaire).
- L'apport spécifique de la lecture d'images dans la discrimination entre réel et fiction (nous avons amorcé quelques travaux en ce domaine, par rapport à l'image de publicité : par exemple une publicité pour l'eau minérale présentant en premier plan un enfant et arrière plan les volcans d'Auvergne éteints ... entrant en éruption ; voir aussi Astolfi *et al.*, 1997).
- L'impact des jeux de simulation (univers virtuels en 3D) sur la construction du réel ; les limites de la modélisation dans la construction des concepts de réalité, d'espace et de temps.
- Des études plus précises, avec recherche d'indicateurs, concernant l'apport de connaissances scientifiques et leur rémanence, l'apport et le transfert de compétences dans les domaines de la documentation, de la communication ou de la résolution de problèmes, que permet l'approche par la littérature de jeunesse par rapport à des entrées plus classiques.
- La complémentarité entre les diverses entrées.

Dans la construction d'une culture scientifique, l'approche par le biais de la littérature de jeunesse va non seulement permettre l'apport de connaissances et de compétences instrumentales contextualisées, à travers les prolongements documentaires et expérimentaux possibles, mais aussi autoriser l'ouverture sur le débat, la confrontation d'opinions, le doute et la complexité, composantes indispensables et souvent écartées car pédagogiquement peu maîtrisables.

L'éclairage affectif qu'implique cette ouverture par la littérature souligne le lien entre apprentissages dits fondamentaux – ou instrumentaux – et construction de soi. Par ailleurs, la littérature de jeunesse permet d'aborder de manière adaptée à l'âge des enfants des problèmes de société, forcément complexes, à peine esquissés dans les programmes car transcendant les champs disciplinaires, et qui représentent pourtant les centres d'intérêts majeurs des enfants comme des adultes.

Références bibliographiques

- Astolfi, J.P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. & Toussaint, J. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Paris : De Boeck.
- Bérard, J.M. (2001). L'enseignement des sciences à l'école : perspectives historique et didactique. In *L'enseignement des sciences et de la technologie à l'école* (pp. 17-28). Paris : M.E.N.
- Charpak, G., Léna, P. & Quéré, Y. (2006). La main à la pâte, dix ans après. *Les cahiers Pédagogiques*, 443, 24-25.
- De Vecchi, G. & Giordan, A. (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?* Paris : Ed. Z'Éditions.
- Durand, G. (1969). *Les structures anthropologiques de l'imaginaire*. Paris : Bordas.
- Freud, S. (1998). *Le créateur littéraire et la fantaisie*. Paris : Folio Essais.
- Giordan, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris : Le Centurion.
- Heraud, J.L. (2006). Du mot à la chose chez W.V.O. Quine : une histoire de lapin. In A. Giordan, J.L. Martinand, & D. Raichvarg (Eds.), *Actes des JEIS de Chamonix*.
- Le Louarn-Bonnet, M.L. (2006). Sciences et littérature chez les fourmis rouges. *Cahiers Pédagogiques*, 443, 53-54.
- Levy-Leblond, J.M. (2006). Mettre la science en culture. *Cahiers Pédagogiques*, 443, 12-13.
- Mathy, P. (1997). *Donner du sens aux cours de sciences*. Paris : De Boeck.
- (de) Mijolla-Mellor, S. (2006). *L'enfant lecteur : de la comtesse de Ségur à Harry Potter, les raisons du succès*. Paris : Bayard.
- Ministère de l'éducation nationale. (2002). *Qu'apprend-on à l'école ?* Paris : Scérèn.
- Ministère de l'éducation nationale. (2005). *Documents complémentaires aux programmes*. Paris : Scérèn.
- Orange, C. (2002). L'expérimentation n'est pas la science. *Cahiers Pédagogiques*, 409, 19-20.
- Rubiliani, C. (1996). La biologie à l'école, pour quoi faire ? *Cahiers Pédagogiques*, 348, 65-67.
- Rubiliani, C. (1997). Les détectives et l'image de la science, *Réflexions et Analyses Pédagogiques*, 0, 115-123.
- Rubiliani, C. (2000). La culture scientifique face à la technomythologie. *Spirale*, 26, 95-105.
- Rubiliani, C. (2001). La fiction documentaire, un genre bâtard ? *Réflexions et Analyses Pédagogiques*, 5, 73-79.
- Rubiliani, C. (2003). *Un autre regard sur la culture scientifique*. Paris : Scérèn-C.R.D.P. Poitou-Charentes.
- Rubiliani, C. (2004, juin). *Tire l'éprouvette, la sciencinette cherra*. Communication au Congrès National AGIEM, Ecole et Culture, Martigues.
- Rubiliani, C. & Kolodziejczyk, A.M. (2002). *Sciences et Français : l'interdisciplinarité par les albums*. Poitiers : C.R.D.P. Poitou-Charentes.
- Rubiliani, C., Kolodziejczyk, A.M. & Rubiliani-Lenne, S. (2006). *Des albums pour se construire-sciences, arts et français*. Paris : Scérèn-CRDP Poitou-Charentes.
- Tisseron, S. (1997). *Psychanalyse de l'image : des premiers traits au virtuel*. Paris : Dunod.
- Zapata, A. (2006). La main à la pâte : hégémonie d'une doctrine pédagogique ? *Cahiers Pédagogiques*, 443, 26-27.

Développement de nouveaux curriculums et nouvelles questions aux didactiques des sciences et de la technologie

Jean-Jacques Dupin

• Equipe Gestepro, U.M.R. A.D.E.F., Université de Provence
 jj.dupin@aix-mrs.iufm.fr

Résumé

Dans de nombreux pays, les curriculums d'études font l'objet de profondes réformes. Toutes les disciplines scolaires sont interrogées par le développement d'enseignements intégrés ou de nouvelles approches telles que les éducations à la santé, à l'environnement, au développement durable, etc. Les didactiques des disciplines n'ont que très rarement exploré ces terrains. Après un tour d'horizon, non exhaustif, des débats en cours, un début d'inventaire est dressé pour tenter de convaincre de l'urgence de lancer des recherches dans ces domaines.

Mots clés

Curriculums – Didactique des sciences et de la technologie – Education à ... – Enseignements intégrés

Abstract

In numerous countries, school curricula are concerned by deep debates concerning the limits of traditional school subjects. New educational themes merge which are not contained in traditional school matters. Science and technology educations are particularly concerned. Such new values, aims and purposes modify largely the practices of teachers and students. The studied knowledge itself takes a very new form. But the researches about science and technology education are quite rare in this domain. A new direction for researches is now opened.

Key Words

New school curricula – Integrated teaching and learning – Science and technology education

Des interrogations internationales sur les curriculums

Depuis de nombreuses années, tous les curriculums d'enseignements en général, et en particulier ceux des enseignements scientifiques et techniques ou technologiques, ont fait l'objet de nombreuses interrogations. Dès le tournant des années 1970, aux Etats-Unis comme en Europe (Royaume-Uni, Suède, France, etc.), de nombreuses réformes ont été promues. Les contenus et les objectifs étaient variables, allant suivant les pays dans le sens soit d'une unification ou centralisation des curriculums, soit, au contraire, vers une décentralisation pour adaptation à des réalités locales variables. Ce mouvement de remise en cause des curriculums s'accélère maintenant sous l'impulsion d'organismes internationaux qui permettent d'améliorer les points de vue comparatistes sur les divers systèmes éducatifs à travers le monde, et cela, même si les indicateurs ne sont pas exempts de critiques. Les publications des résultats des études successives P.I.S.A. (Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves) commandée par l'O.C.D.E. (Organisation de Coopération et de Développement Economiques) tentant de comparer les compétences acquises par les élèves dans diverses disciplines ont indéniablement joué un rôle d'électrochoc en faisant vaciller un certain nombre de certitudes dans des pays qui considéraient leurs systèmes de formation comme des plus performants. L'Allemagne, comme la France, ont dû sérieusement en rabattre !

Suivant les pays concernés, ces débats prennent des formes différentes mais traitent des mêmes questions : nouveaux curriculums, nouveaux standards de formation, socle commun de connaissances, les dénominations sont variables, les réponses non uniformes, mais les interrogations sont proches. De plus, les réformes à répétition n'ont souvent été suivies que de peu de modifications des pratiques effectives des enseignants dans les classes. Les études portant sur les écarts entre curriculums prescrits et curriculums réels se sont multipliées, montrant l'absence de résultats de politiques de réformes ne définissant pas des objectifs clairement compréhensibles, ou irréalistes et impossibles à mettre en œuvre, ou ne s'accompagnant pas de moyens matériels et humains pour autoriser une généralisation des réformes voulues.

Dans les domaines des enseignements scientifiques et technologiques, une dimension particulière a été rencontrée : une sérieuse désaffection, touchant surtout les sciences, semble exister dans de nombreux pays, alors que ces enseignements sont considérés comme fondamentaux d'un double de vue :

- d'abord pour le citoyen : dans une société où les choix scientifiques et technologiques influent directement sur la vie du citoyen, souvent à une échelle mondiale, une formation suffisante pour pouvoir valider ou invalider des choix de société dans un cadre politique démocratique est nécessaire ;
- ensuite pour le renouvellement d'un vivier de recrutement : les générations vieillissantes des chercheurs, ingénieurs, techniciens, enseignants, médecins vont partir massivement à la retraite dans les années à venir et il est urgent d'anticiper ce mouvement.

Il n'est donc pas étonnant que les résultats de P.I.S.A., comme les études du réseau Eurydice dans l'Union Européenne, pour les disciplines mathématiques et scientifiques aient été étudiés de près. Les réponses apportées relèvent bien sûr des politiques générales et de leurs choix concernant les objectifs sociaux, les enjeux éducatifs, les dispositifs d'enseignement et les curriculums.

A leurs niveaux, les chercheurs en didactique des disciplines sont directement interpellés : si les didactiques prétendent avoir un impact social les justifiant comme secteur de recherche autonome, elles se doivent de jouer un rôle dans l'aide à la décision comme dans la production de connaissance et d'outils pour l'éducation et la formation permettant des choix raisonnés, non pilotés exclusivement par des prescriptions politiques ou des modes changeantes, ... Or, les orientations actuelles des nouveaux curriculums posent bien souvent des questions que les travaux actuels et passés en didactique des sciences et des technologies n'ont pas étudiées, en tout cas pas directement.

Quelques tendances dans les nouveaux curriculums

Une abondante littérature est accessible sur cette question. Elle est éditée par les grands organismes internationaux (U.N.E.S.C.O., O.C.D.E., U.E.) comme par les ministères nationaux de l'éducation. On peut y trouver un certain nombre d'indications.

Une interrogation profonde sur les disciplines scolaires

On y trouve souvent une critique assez radicale des disciplines scolaires traditionnelles. Un bon exemple est un livre édité par l'U.N.E.S.C.O. : *Les contenus de l'enseignement secondaire dans le monde : état des lieux et choix stratégiques*, écrit par Gauthier¹.

L'auteur y critique le morcellement des savoirs introduits par les disciplines traditionnelles alors que la connaissance du monde nécessite d'associer les savoirs plutôt que les disjointre. Et de préciser : la disjonction entre contenu académique et contenu technique ou entre contenu abstrait et contenu concret est producteur de carences graves dans les compétences des élèves, nous le verrons, et produit même des disciplines tronquées, comme des sciences n'amenant pas à réfléchir aux problèmes du monde : faire reposer le maintien de telles situations sur de prétendues traditions est en outre particulièrement vain car l'histoire montre qu'au contraire il était ordinaire autrefois de se former par exemple successivement dans les champs littéraire puis scientifique.

Il dresse alors ce qu'il appelle lui-même un portrait à charge des disciplines et dit (pp. 38-40) : « La liste des défauts de la structuration des enseignements en disciplines paraît plus longue :

- le premier reproche à leur adresser est sans doute qu'elles sont trop nombreuses, dans l'héritage même, et que ce nombre en soi laisse peu de place pour répondre à des besoins nouveaux et exclut même... la création d'une nouvelle discipline ; c'est ainsi qu'on voit régulièrement, en de nombreux pays, frapper à la porte, pour rejoindre la douzaine de « disciplines » reconnues, l'économie, le droit, la sociologie, ou la géologie ;
- l'enseignement se présentant comme une juxtaposition disciplinaire, on observe souvent que personne ne se préoccupe de cette synthèse, propre à chacun, qui résulte de l'exposition à toutes ces disciplines, et qui est pourtant le savoir, ou la culture de l'élève ; pour beaucoup d'élèves, la synthèse ne se fera pas

¹ Accessible à l'adresse <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001475/147570f.pdf>

et les enseignements resteront éclatés, ne dégageant pas de figure d'un savoir unifié ou au moins tendant à l'unification ;

- nées dans un contexte préoccupé d'exercices libéraux, elles n'ont pas été pensées en termes d'objectifs, et, en conséquence, elles ne facilitent pas la tâche de ceux qui s'efforcent de mettre en ordre de bataille l'enseignement secondaire en termes d'objectifs à atteindre ;
- étant des ensembles relativement fermés, avec concepts et objets définis, les disciplines ne permettent pas d'aborder dans leur cadre des sujets et thèmes nouveaux, même s'il y a urgence. On n'aborde que très rarement les savoirs de base en matière de nutrition et d'agriculture, par exemple, à la fois parce que les maîtres n'y sont pas formés mais surtout parce qu'aucune discipline du second degré n'est susceptible d'encadrer ces matières.

Il en va souvent de même en matière de santé : les sciences de la nature sont là traditionnellement pour donner savoirs et méthodes sur la vie et le corps humain, pas pour donner aux élèves la maîtrise de leur santé, ce qui est devenu intolérable ... ».

Et l'auteur ajoute, en parlant toujours des disciplines scolaires académiques :

- « d'une manière générale, elles sont plus naturellement tournées vers l'enseignement des sciences abstraites que vers celui des sciences appliquées, même si cette abstraction est plus accentuée dans certains pays que dans d'autres. Les disciplines ont tendance à renforcer la scission entre sciences et applications, et, en cela, elles sont dangereuses ; il en va de même de l'implication politique ou morale des connaissances, qu'elles abordent peu, étant toutes plus ou moins amORALES en leur principe ;
- elles ont parfois tendance, au cœur de l'enseignement secondaire, à se concevoir chacune comme un objectif en soi, oubliant le versant de gymnastique mentale caractéristique pourtant de leur ambiguïté : elles adoptent alors soit une perspective d'enseignement supérieur, avec un excès d'abstraction confinant parfois au scientisme soit une étrange perspective pré professionnalisante, comme s'il s'agissait de faire de l'histoire, de la physique ou des lettres dans le secondaire pour se préparer aux métiers d'historien, de physicien ou d'écrivain et pour apprendre les principaux savoir-faire de ces professions ;
- étant des blocs constitués d'horaires, de coefficients, de contingents de professeurs qui s'y reconnaissent, les disciplines sont facilement dans les systèmes le lieu de lobbyings divers qui reflètent davantage des égoïsmes corporatistes que l'intérêt des élèves ;
- les horaires et coefficients aux examens des différentes disciplines ont souvent comme conséquence que les disciplines se hiérarchisent entre elles de façon plus ou moins inconsciente et particulièrement négative ... Les esprits sont modelés en profondeur par cet état des choses, et ces hiérarchies dans l'ordre des savoirs recouvrent souvent, on le sait, des hiérarchies dans l'ordre social ;
- ... comprenant dans leur héritage, ... , des expériences de classe et des exercices canoniques, les disciplines encouragent peu, par elles-mêmes, l'innovation ; elles encouragent plutôt le conformisme et la répétition des mêmes recettes ; il n'est pas habituel de les évaluer (atteignent-elles leurs objectifs ? vont-elles dans le sens de l'équité ou renforcent-elles les inégalités culturelles et scolaires ? intéressent-elles les élèves ? ...), et, en cela, elles sont aussi une tache aveugle sur la rétine des concepteurs de l'enseignement ...
- ... on peut aussi reprocher aux disciplines de se présenter comme des savoirs constitués et de laisser croire que des enseignements supérieurs sont en continuité avec elles : elles gommant facilement tout le travail de transposition nécessaire entre les savoirs savants et les savoirs scolaires, transposition qui va souvent jusqu'à des recompositions fondamentales ».

Gauthier appelle donc à une refondation des disciplines : « C'est ainsi que cette nécessaire « refondation » des disciplines doit s'effectuer en considérant notamment les points suivants (pp. 90-91) :

- « Quels savoirs savants de référence retient-on ? Dans quels enseignements universitaires va-t-on les chercher ? Sont-ils des savoirs nécessaires au maître ou bien des savoirs à enseigner effectivement aux élèves (à défaut d'en décider on risque en effet d'aller vers une dérive techniciste des enseignements, préjudiciable aux élèves) ?
- Quel type de rapports au savoir la discipline va-t-elle entretenir ? Pourquoi ? Quelle carte des rapports entre compétences et savoirs associés peut être établie ?
- Quelles sont les compétences pour vivre qui peuvent être étayées par les enseignements de cette discipline ? Même question pour les compétences intellectuelles transversales. Comment le mandat éducatif de la discipline peut-il être envisagé à partir de là ?
- Quels types de liens la discipline refondée aura-t-elle avec les autres disciplines ? Ces liens seront-ils explicités ? En quoi ces liens influent-ils sur la discipline ?
- Comment se posent les questions relatives à la motivation des élèves dans le cadre de la discipline refondée ? Quelles seront les grandes questions posées aux didacticiens ? En quoi l'enseignement de la discipline refondée différera-t-il de ce qu'il était? ».

Cependant cette question est bien plus large que la refondation des disciplines. Elle met en cause même la notion de discipline scolaire et amène à regarder « entre les disciplines et au-delà d'elles ».

« ... Outre la refondation des disciplines, il faudra prendre un certain nombre de précautions à la frontière des différentes disciplines et au-delà d'elles :

- les approches interdisciplinaires ne doivent pas être considérées comme un supplément d'âme facultatif, mais comme indispensables à la réalisation du mandat éducatif de chacune d'une part, à la bonne information des élèves sur ce que sont les savoirs scientifiques d'autre part, qui sont de plus en plus à cheval sur plusieurs savoirs disciplinaires ;
- ces approches pourront aller, chaque fois que c'est possible, jusqu'à des « intégrations » entre disciplines plus ou moins proches ; un bénéfice est apporté aux élèves quand les champs disciplinaires en apparence les plus distants, comme sciences naturelles et sciences sociales ou même sciences en général et humanités peuvent rapprocher, ou distinguer dans la clarté, leurs lexiques, leurs méthodes et leurs objets ;
- ces approches seront souvent facilitées non pas de façon théorique, mais en mettant les élèves dans la position d'avoir à fournir un travail, une production, un projet technique qui soit à l'intersection de deux ou plusieurs disciplines et les conduise en conséquence à jeter des ponts par eux-mêmes ».

Ces larges extraits permettent bien de comprendre la philosophie générale qui amène l'U.N.E.S.C.O. à proposer au niveau international les enseignements transdisciplinaires.

L'U.N.E.S.C.O. et le choix du transdisciplinaire

Sur le site de l'U.N.E.S.C.O. consacré à l'éducation, une attention particulière est portée aux enseignements scientifiques et techniques. L'extrait ci-dessous résume les analyses et propositions des experts internationaux.

L'enseignement intégré des sciences et de la technologie

Au début d'un nouveau siècle, un constat s'avère : l'avenir de l'humanité dépendra de plus en plus des sciences et de la technologie ainsi que de leurs applications. L'enseignement scientifique et technologique (EST) se trouve donc au cœur même du progrès – voire de la survie – de la société humaine. Cependant, ceux qui formeront cette future société humaine – à savoir, les jeunes d'aujourd'hui et même de demain, affichent de moins en moins d'intérêt pour les carrières scientifiques et technologiques. Or, voici déjà quelques décennies, des spécialistes en EST avaient signalé cet état de fait tout à fait alarmant. Le passage du temps n'ayant malheureusement rien fait pour arranger les choses, ces mêmes experts ont conclu qu'il fallait à tout prix attirer les jeunes à l'EST ; et qu'un des moyens les plus sûrs était de rapprocher celui-ci de leurs intérêts puisque le reproche principal adressé par la jeunesse à l'EST était son indifférence totale à leurs préoccupations journalières.

*Compte tenu de cet état de fait, en matière d'EST, l'U.N.E.S.C.O. favorise **une approche intégrée**² qui rejette l'approche 'classique' aux sciences naturelles³ qui consiste à **cantonner hermétiquement les matières dans des catégories comme : physique, chimie, biologie, mathématiques, etc.** Cette dernière approche, utilisée depuis toujours, a été considérée largement responsable de la chute d'intérêt que témoigne la jeunesse depuis quelques décennies pour la science et la technologie (S&T). A la place, les experts en la matière à travers le monde recommandent une **approche thématique** à la S&T. En choisissant des thèmes susceptibles d'intéresser les jeunes tout en insistant sur la composante scientifique et technologique, on pourra mieux attirer les jeunes vers l'EST.*

*Dans cette nouvelle approche, des sujets spécifiques sont choisis pour en faire ressortir les divers aspects scientifiques et technologiques, permettant ainsi **d'aborder de façon interdisciplinaire des thèmes qui intéressent les jeunes** tout en faisant découler l'importance d'une discipline spécifique.*

*L'UNESCO s'efforce d'élaborer des activités spécifiques qui focalisent sur des thèmes d'actualité susceptibles d'intéresser des générations présentes - et futures – tels : **l'environnement, la santé et la nutrition, problèmes liés à la sexualité, les technologies, la consommation, le monde du travail, etc.** L'UNESCO a déjà entrepris des activités dans certains thèmes majeurs tels **l'environnement, la consommation, la sexo-spécificité, les technologies et le monde du travail.** D'autres sujets importants comme **le développement durable, la réduction de la pauvreté, la paix, l'éthique, etc.,** sont à l'étude.*

² Les mots en caractères gras sont soulignés par l'auteur.

³ Sciences naturelles n'est pas à lire ici au sens français ancien. Il s'agit des sciences de la nature qui englobent la biologie, la géologie, la physique, la chimie, ...

On retrouve bien ici les préoccupations qui, en France, amènent à promouvoir, à côté des disciplines traditionnelles, de nouveaux enseignements tels que l'éducation citoyenne, juridique et sociale (ECJS), l'éducation à l'environnement pour un développement durable (EEDD), l'éducation à la santé, ...

Des évolutions profondes en cours en Europe : l'exemple de l'enseignement des sciences

La Direction générale de l'éducation et de la culture de la Commission européenne a édité une étude du réseau EURYDICE *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe : état des lieux des politiques et de la recherche*⁴. Les extraits suivants montrent que ces questions de rénovation des curriculums sont largement présentes dans presque tous les pays européens (Figure 1). Dans les figures qui suivent, les niveaux CITE (Classification Internationale Type de l'Education) sont les suivants :

- CITE 1 (enseignement primaire) : ce niveau commence entre cinq et sept ans, est toujours obligatoire et dure en général de quatre à six ans ;
- CITE 2 (enseignement secondaire inférieur) : ce niveau complète l'éducation de base commencée au niveau primaire en faisant appel à une structure d'avantage orientée vers les matières enseignées. La fin de ce niveau correspond souvent à la fin de l'enseignement obligatoire à temps plein.

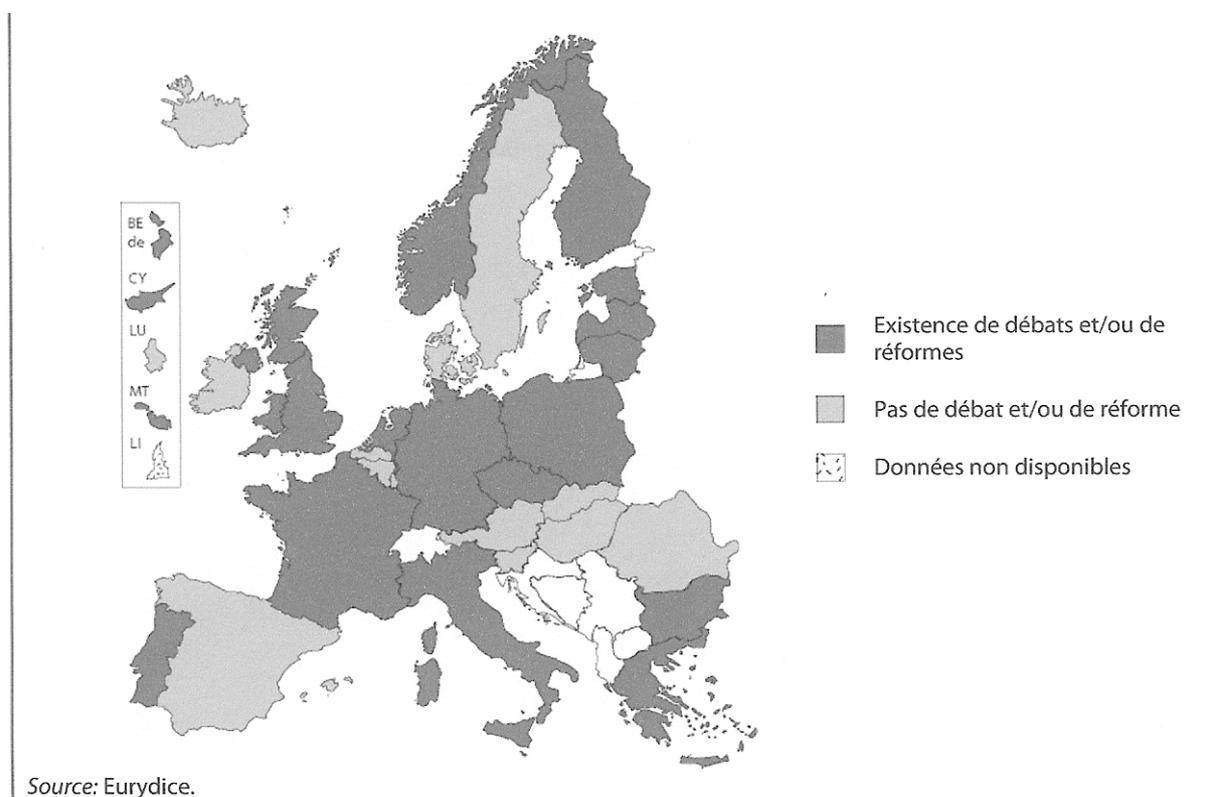


Figure 1. Réformes ou débats en cours concernant les programmes d'études de sciences (CITE 1 et 2).
Année scolaire 2004/2005 (op. cit., figure 3.7, page 40)

Cette étude montre que si les matières scientifiques sont censées être enseignées comme disciplines intégrées dans l'enseignement primaire, c'est loin d'être le cas au niveau de l'enseignement secondaire inférieur où les situations sont très variables (Figure 2). Il convient de noter que ces résultats sont obtenus à partir des curriculums prescrits. Ils ne garantissent pas que ces matières soient effectivement enseignées selon les attentes officielles. C'est par exemple le cas de la France : alors qu'elle figure comme faisant un enseignement des sciences intégré à l'école primaire, il est de notoriété publique que rares sont les professeurs des écoles à le faire réellement.

La Figure 3 montre les pays où l'enseignement des sciences est censé se dérouler de façon à favoriser une contextualisation porteuse de sens. La carte montre là aussi une grande diversité des situations. Il est

⁴ Accessible et téléchargeable sur le site Eurydice : <http://www.eurydice.org/portal/page/portal/Eurydice/showPresentation?pubid=081FR>

recommandé d'enseigner les sciences en liaison avec leur histoire et des problèmes contemporains de société, sans que l'on ait vraiment des indications sur ce que cela représente sur le terrain en temps consacré et en types d'activités et d'apprentissage. En tout cas en France, cela ne représente vraiment pas grand-chose !

La Figure 4 repère les pays où l'enseignement des sciences devrait donner lieu à discussion au sein des classes au sujet de problèmes liés à la vie quotidienne et la société, indice d'une approche de type STS (sciences et techniques et sociétés). Mais, ici aussi, aucune indication n'est accessible pour connaître la réalité de ce qui est fait en classe.

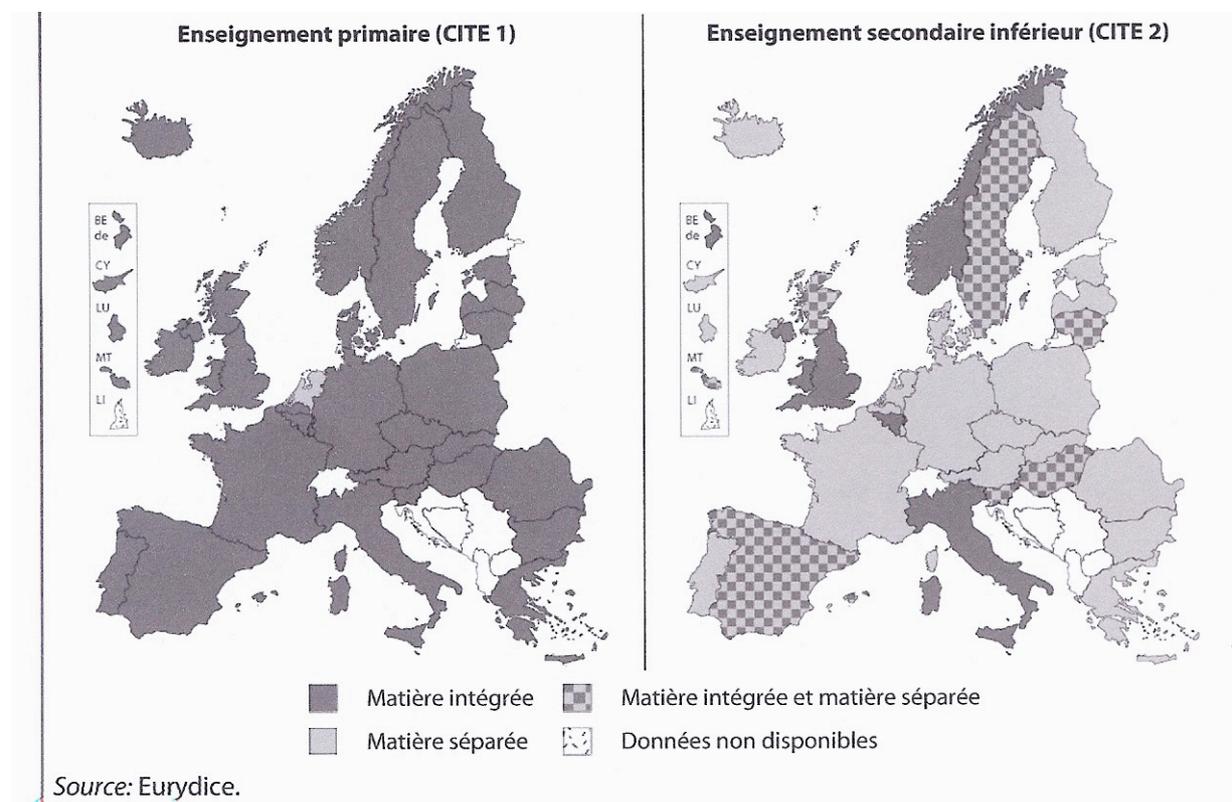


Figure 2. Organisation de l'enseignement des sciences selon les programmes d'études prescrits/recommandés (CITE 1 et 2). Année scolaire 2004/2005 (op. cit., figure 3.1, page 31)

Dans le cadre de l'Union Européenne, aussi bien le Conseil de l'Europe que la Commission européenne se sont saisis de la question depuis plusieurs années. Les conseils successifs de Lisbonne, Stockholm, Barcelone ont défini des perspectives communes à tous les états membres de l'Union pour se fixer des objectifs éducatifs convergents. Les savoirs, les aptitudes et des compétences de base devant être acquise à l'école obligatoire sont présentés. Une critique des découpages en matières scolaires est présentée, insistant sur la nécessité de former des jeunes qui soient capables de réinvestir les savoirs scolaires dans de situations de vie hors des murs de l'école. Dans cette perspective, la plupart des pays européens mènent une réforme de leurs enseignements et tentent de redéfinir des standards d'évaluation de leurs systèmes éducatifs⁵.

⁵ Une présentation de ces questions est accessible sur le site I.N.R.P. : <http://www.inrp.fr/vst/Dossiers/Standards/sommaire.htm>

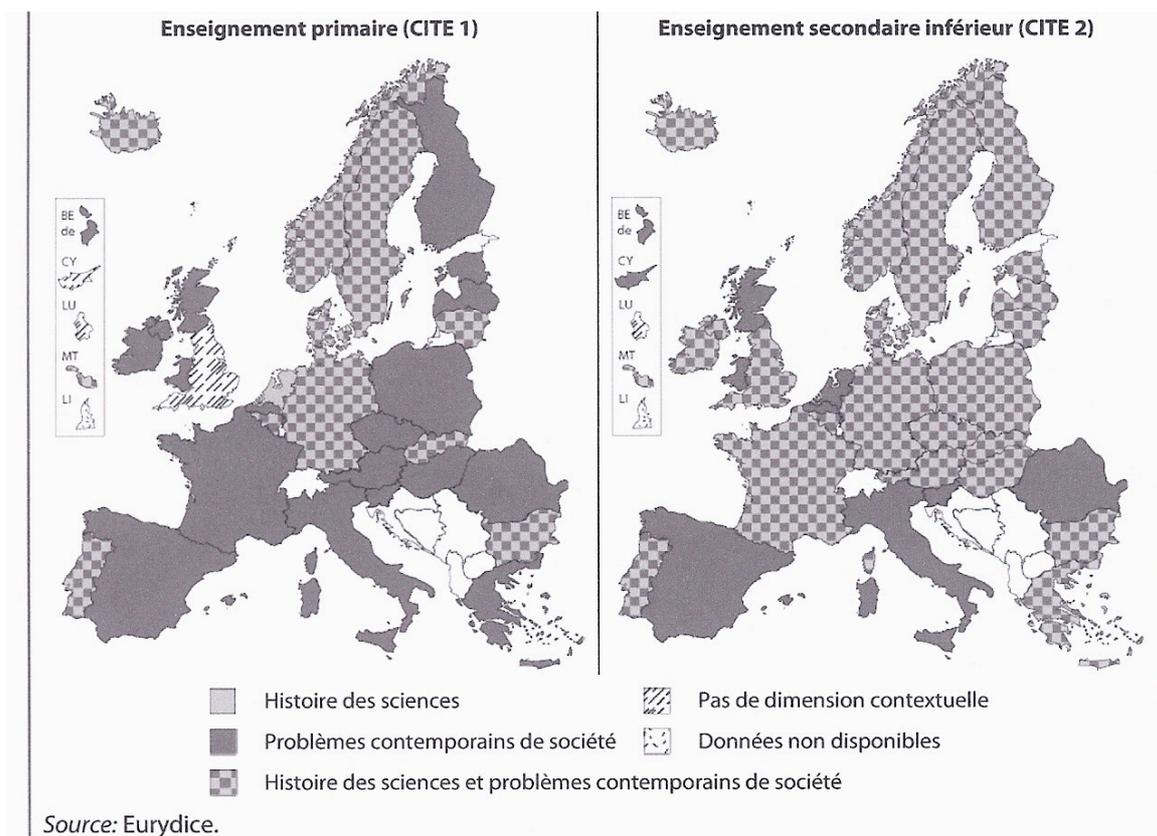


Figure 3. Dimensions contextuelles de l'enseignement des sciences dans les programmes d'études prescrits/recommandés (CITE 1 et 2). Année scolaire 2004/2005 (op. cit., figure 3.2, page 32)

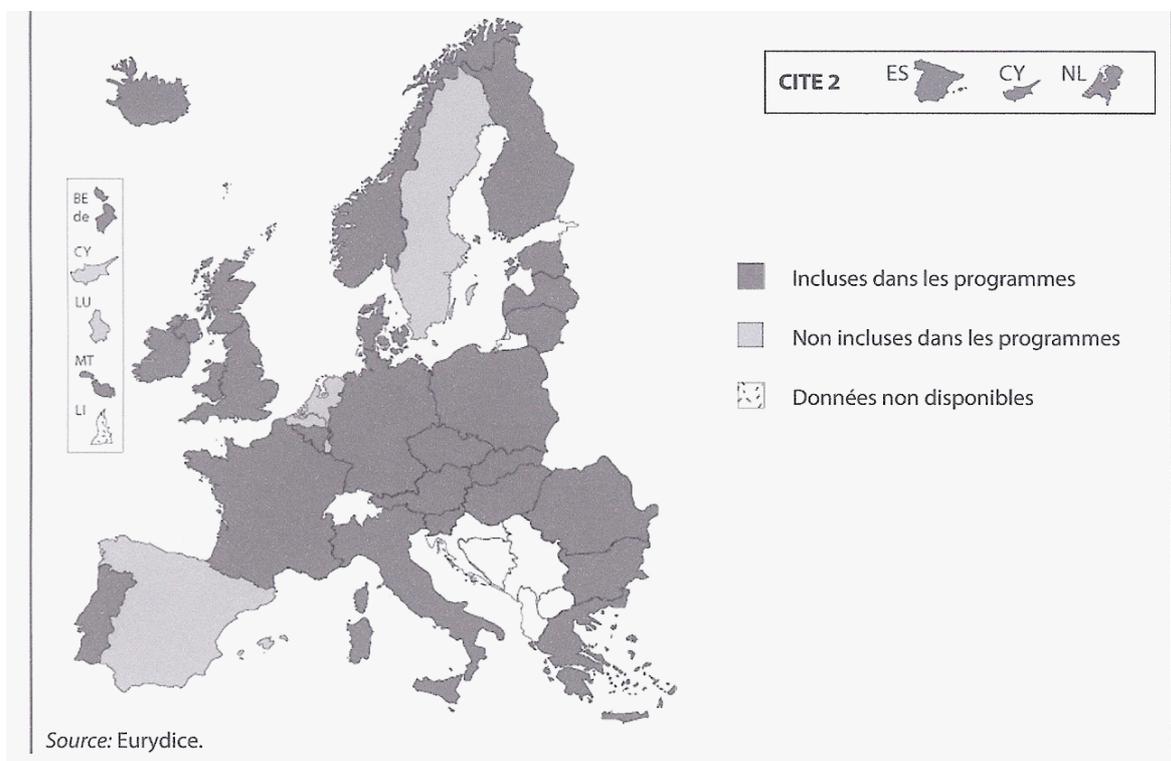


Figure 4. Activités de discussion en relation avec des problèmes de la vie quotidienne et des problèmes de société dans les programmes d'études prescrits/recommandés (CITE 1 et 2). Année scolaire 2004/2005 (op. cit., figure 3.3, page 33)3. La situation en France

La situation en France

Le rôle de l'Académie des sciences

L'Académie des sciences s'est fortement impliquée pour favoriser le développement des enseignements scientifiques et technologiques. Ce mouvement a débuté à l'école primaire (*La Main à la Pâte*), porté par Charpak, prix Nobel, et d'autres académiciens, scientifiques renommés. Ceci a permis de passer les barrages qui d'habitude confinaient ces débats dans le cercle des spécialistes et a créé une indiscutable dynamique de rénovation qui a débouché sur un nouveau programme des sciences et technologie à l'école primaire. Plus que sur les questions de contenus, le débat a porté sur les méthodes, insistant fortement sur la mise en activité des élèves pour favoriser l'observation, la curiosité, l'intérêt. C'est maintenant l'enseignement secondaire qui devrait être considéré. En France, à l'école primaire, les élèves ont un professeur unique qui enseigne toutes les disciplines. A l'entrée au collège (niveau 6), la rupture est brutale car les enseignants sont spécialisés dans une discipline, sauf certains qui sont bi disciplinaires (histoire-géographie, biologie-géologie, physique-chimie) : les élèves passent donc d'un professeur à plus de 10 !

L'Académie des sciences rendit un avis en 2004 qui poussa à la transformation de ces enseignements au collège :

ACADEMIE DES SCIENCES :

Avis sur l'enseignement scientifique et technique dans la scolarité obligatoire :
 école et collège (6 juillet 2004)
 (extraits)

En classes de 6^o et 5^{o6}, une transition, dans l'organisation des cours comme dans le rôle et la formation des professeurs, doit permettre aux élèves de passer progressivement de *la science* aux *sciences* et de saisir que les sciences de la nature, les mathématiques et l'informatique d'une part, les techniques d'autre part, font partie de ce grand domaine de la connaissance qu'est la science ;

- Pour mettre en place une réelle démarche d'investigation et d'expérimentation, une proportion raisonnable du temps doit être consacrée à du travail en groupe, à l'image de ce qui a été pratiqué à l'école. Des laboratoires de mathématiques sont à mettre en place ;
- En classes de 4^o et 3^o, le maintien des structures actuelles doit s'accompagner d'un effort de convergence entre disciplines autour de thèmes communs ;
- Les parcours doivent se diversifier suffisamment pour que des élèves aux talents et aux tempéraments très divers trouvent précocement leur voie entre des enseignements ici plus classiques, ou théoriques, là plus techniques, ou professionnels, sans qu'à aucun moment ces derniers soient dévalorisés aux yeux des enfants et de leurs familles.

En passant du primaire ...

La récente refonte du programme relatif à l'enseignement des sciences de la nature en primaire témoigne d'une rénovation des thèmes abordés et surtout de la manière de les aborder. Nos propositions pour l'école primaire en tiennent compte. Celles qui suivent, pour le collège, visent à établir une transition primaire/secondaire meilleure qu'actuellement. Nous partons ici du constat que, à l'école primaire,

- les enfants, peu conscients de l'existence de disciplines distinctes, parlent tout naturellement de *la science* ;
- dans leur grande majorité, ils aiment cette activité et ils adoptent vis-à-vis d'elle une attitude positive, souvent enthousiaste, dont leurs récits ou leurs dessins témoignent ;
- ils font peu de différence entre ce que leur professeur appelle la *science* et ce qu'il appelle la *technologie*

... au secondaire

La situation change du tout au tout à l'entrée au collège, non du fait de la qualité des professeurs – le plus souvent très grande – mais parce que, pour les élèves (et parfois pour les professeurs), *La science* se mue pour eux en *Les sciences* (physique, chimie, sciences de la vie, sciences de la Terre, technologie), à quoi s'ajoutent les mathématiques et l'informatique, et que des professeurs différents (en principe quatre) les enseignent. Il est peu probable qu'ils perçoivent beaucoup d'unité entre ces matières qui couvrent, au total, 3 heures hebdomadaires de leur emploi du temps en 6^o et 4,5 heures en 5^o.

⁶ En France, les classes 6, 5, 4 et 3 du collège correspondent aux niveaux internationaux 6, 7, 8 et 9. L'enseignement est indifférencié, identique pour tous les élèves.

Cet avis est accompagné d'un certain nombre de propositions présentées ci-après :

Des recommandations et propositions (extraits)

Les sciences de la nature (expérimentation et observation) en 6° et 5°.

Il est proposé la création, en 6° et 5°, d'un *cours unifié de science et techniques*⁷, développant une pédagogie d'investigation basée sur l'observation et l'expérimentation. Deux procédures, successives dans le temps, sont proposées : la première – initialement testée en 6ème – pouvant être mise sur pieds rapidement (dans les mois qui viennent) sans modification des horaires ni du corps enseignant ..., et la seconde plus ambitieuse et de construction plus élaborée (horizon 2008).

A moyen terme

A la suite des expérimentations qui précèdent, un enseignement unifié de *Science et Techniques* (S&T) est créé pour les classes de 6° et de 5°, à l'échelle nationale, muni d'un programme spécifique et visant la rentrée 2008. Les actuels professeurs de sciences et ceux de technologie sont chargés, en 6° et 5°, du cours correspondant où – en relation étroite avec le cours de mathématiques – les sciences (sciences de la matière, du vivant, de l'univers) et les techniques sont présentées de manière unifiée, par un seul professeur. Selon sa « dominante » actuelle (physique & chimie, sciences de la vie et de la terre, technologie), celui-ci aura suivi des stages de formation complémentaire sur les matières autres que la sienne et bénéficiera d'un accompagnement spécifique si nécessaire. La pédagogie demeure, ici, proche encore de l'investigation et soutenue par l'expérimentation, mais elle commence, en biseau, à devenir plus « frontale », l'enfant devant impérativement s'approprier, durant ces deux années, un socle de connaissances définies comme nécessaires pour les cursus ultérieurs.

La partie « *Techniques* » de ce cours doit s'attacher à établir une relation forte avec le cours de science (et réciproquement) en sorte que les élèves perçoivent parfaitement la continuité entre les sciences expérimentales et les techniques ainsi que, au-delà, entre celles-ci et les métiers qui en sont des applications directes. Il est indispensable qu'à cette occasion, les enfants s'approprient cette idée simple que beaucoup des métiers auxquels ils pourront avoir à se former au lycée sont, au travers de cette filiation, en prise directe avec la science et que c'est là une raison de plus de les respecter et de les admirer.

Les sciences de la nature et les techniques en 4° et 3°.

Poursuite des matières traditionnelles actuelles par leurs professeurs spécialisés tels qu'actuellement, visant à l'approfondissement des connaissances mais avec un recours renouvelé à l'observation, l'expérimentation et une liaison plus étroite les unes avec les autres tout autant qu'avec les autres matières du curriculum, notamment la *géographie*, l'*histoire*, l'*éducation civique* et l'*éducation physique*, grâce en particulier aux *Thèmes de convergence*.

On s'attachera en particulier à établir de fréquentes références – fussent-elles, le plus souvent, allusives – à l'histoire des sciences, dans leur contexte intellectuel et social, ainsi qu'aux questions éthiques que science et technique posent ; on insistera, à l'aide d'exemples concrets, sur la fertilisation croisée entre ces deux disciplines ; et l'on insistera, chaque fois que propice, sur l'extraordinaire connivence qui lie le monde des mathématiques (nombres, fonctions élémentaires, géométrie, repères, ...) et celui de la physique. Les liens qui s'établissent naturellement entre les *disciplines* enseignées (mathématiques, sciences de la nature, techniques ainsi, bien entendu, que celles du pôle *Humanités*) et les divers *métiers* qui en dépendent directement devront être établis en utilisant notamment les capacités et potentialités locales. En particulier, c'est là que le pôle *Technologie* doit cultiver sa vocation principale.

La mise en place dans le programme de *Thèmes de convergence* rendra naturelles les liaisons et les références évoquées ci-dessus et qui auront pour l'un de leurs objectifs majeurs de donner aux élèves une vision positive des filières technologique et professionnelle.

Les enseignements de mathématiques et de sciences de la nature formeraient à terme un tronc commun entre, d'une part un pôle *humanités*, d'autre part un pôle *techniques* qui pourraient être développés en options fortes.

Ces propositions débouchent sur une expérimentation menée en 2006-2007 dans des collèges pour tester la faisabilité du projet. Des équipes pluridisciplinaires associant les trois professeurs de Sciences de la Vie et de la Terre, de technologie, de physique et chimie sont constituées pour favoriser les convergences interdisciplinaires. Il s'agit d'associer les enseignants des trois disciplines dans un travail commun pour permettre d'assurer,

⁷ Le texte parle de *technique*, mais est accompagné de la note suivante : *Il conviendra de réfléchir à la pertinence, au collège et au lycée, du mot « technologie » en regard de celui de « techniques ». C'est bien en effet à celles-ci que l'on veut introduire l'enfant – comme on l'introduit à la science, aux mathématiques, aux langues ... et non pas à un « discours sur » la technique.*

pendant au moins 30% de l'année scolaire, un enseignement intégré de sciences et de technologie, donné par un enseignant unique (3 heures 30 en classe de sixième). Il est trop tôt pour avoir un bilan de cette expérience qui devrait continuer et être étendue en 2007-2008. Le processus d'avancée vers les enseignements intégrés semble donc bien lancé en France.

Le socle commun des connaissances et compétences

En parallèle, la réforme des programmes d'enseignement s'est développée autour de la définition du socle commun des connaissances et compétences. A l'issue d'une période de débats et de concertation, le Haut Conseil de l'Education a émis des recommandations au Ministère pour le socle commun (23 mars 2006)⁸. Les passages suivants en sont extraits montrant bien les objectifs :

Contenu du socle

- *Quelles compétences ? Le cadre de référence européen*
La France a décidé de prendre part à l'harmonisation des systèmes éducatifs européens. La Loi d'orientation et de programme pour l'avenir de l'Ecole d'avril 2005 est pleinement compatible avec le projet de cadre européen. Le Haut Conseil préconise en conséquence de s'inscrire dans ce projet de cadre, tout en l'adaptant aux particularités françaises, telles que l'ambition de culture humaniste ...
- *Compétences et disciplines*
L'acquisition d'une compétence requiert la contribution de plusieurs disciplines, et, réciproquement, une discipline contribue à l'acquisition de plusieurs compétences. Toutes les disciplines enseignées à l'école et au collège, ..., ont un rôle à jouer dans l'acquisition du socle : c'est ensemble qu'elles permettent l'épanouissement et le développement équilibré de l'élève ...
- *Compétences de base en mathématiques et culture scientifique et technologique*
Ces compétences pourront être définies en combinant cadre européen, évaluations internationales et programmes officiels Il s'agit de rendre intelligible la nature et la technique, de donner du sens aux savoirs et d'accroître chez les élèves le désir de connaissances. Elles conduisent, dans le cadre de la scolarité obligatoire, à décloisonner dans une large mesure les enseignements scientifiques et techniques ».

Une fois encore, l'idée du décloisonnement et de l'élargissement du point de vue disciplinaire est mise en avant. Ces recommandations seront largement suivies dans la rédaction définitive du socle⁹. Dans sa présentation, le Ministre de l'époque, Gilles de Robien, précise : « Il n'était pas question de se limiter à la liste des connaissances théoriques. Le but était de montrer que l'école obligatoire doit donner aussi les moyens d'utiliser le savoir dans des situations concrètes ... Un savoir vivant en somme, mobilisable dans toute situation, pendant la scolarité, mais aussi tout au long de l'existence ... L'école doit former des têtes bien pleines, mais aussi bien faites, c'est-à-dire capables de tirer parti des connaissances dans la vie de tous les jours, au travail bien sûr mais encore dans toute autre situation ».

Cette volonté est ensuite déclinée à travers une liste de connaissances, compétences et attitude à développer dans le cadre de chaque discipline.

Des questions pour la didactique

Ce mouvement vers les enseignements intégrés et les thèmes éducatifs non spécialisés semble irréversible, tout au moins jusqu'au niveau de l'enseignement secondaire inférieur. Or, les recherches en didactique se sont principalement intéressées jusqu'à présent aux apprentissages des notions, concepts et méthodologie des disciplines particulières. Les approches pluri ou transdisciplinaires ont été rarement étudiées. Il est donc indispensable que des points de vue didactiques soient développés sur ces nouveaux enseignements. Il paraîtrait réducteur d'affirmer que les résultats déjà accumulés dans les didactiques des disciplines seront transposables tels quels dans les enseignements intégrés. Bien sûr, les didactiques disciplinaires ont déjà permis d'accumuler un nombre important de connaissances qui ne sauraient être oubliées. Mais des questions nouvelles sont ici posées et il convient de développer une approche de chercheur à leur sujet. Sans prétendre à l'exhaustivité, on peut en repérer quelques unes :

- ces enseignements intégrés et ces éducations à ... ne sauraient *a priori* devenir constitutifs de nouvelles disciplines scolaires. Ils devraient permettre de confronter les élèves à des questions susceptibles de mobiliser leur intérêt personnel mais aussi de répondre à des questions ayant une réalité sociale.

⁸ Accessible sur le site du HCE : 3w.hce.education.fr

⁹ Ce document est accessible à l'adresse suivante : <http://media.education.gouv.fr/file/46/7/5467.pdf>

Ils devraient être vus plutôt comme des moments de rencontre de problèmes et de situations plus complexes nécessitant la mobilisation de plusieurs disciplines. L'articulation de ces diverses disciplines sera délicate à assurer, tant du point de vue des connaissances à mobiliser que du point de vue des enseignants ou équipes d'enseignants qui auront à intervenir de manière collaborative. De délicates et nouvelles organisations d'apprentissage seront donc à construire ;

- les enseignements intégrés nécessiteront, pour mettre en place des organisations didactiques adaptées, un inventaire des savoirs en jeu dans les situations mises en place, une évaluation de la place et de la signification de ces savoirs dans les diverses disciplines d'origine mobilisées (mêmes significations, épistémologies compatibles, etc.), une transposition des savoirs pour les rendre accessibles aux élèves sans sacrifier à la nécessité de bien différencier à l'école ce qui est du domaine du savoir établi et de l'opinion discutable¹⁰ ;
- les savoirs en jeu ne perdront pas par un coup de baguette magique leur caractère largement cumulatif. Comment alors concevoir un curriculum sur le long terme (par exemple quatre ans) qui tiennent compte de ces spécificités ?
- étudier des situations ouvertes, proches de la vie quotidienne exposé à devoir traiter de questions socialement vives ou de questions sociotechniques porteuses de débats. Les enseignants des disciplines scientifiques ne sont pas toujours armés pour affronter de telles situations qui les obligent à sortir du cocon rassurant de la discipline canonique. Un inventaire et une analyse des contenus sensibles pourraient permettre aux enseignants de pouvoir gérer de telles situations en classe, même dans des conditions pouvant être difficiles ;
- aussi les chercheurs en didactique devraient veiller à ce que soient proposées aux enseignants des activités qui peuvent être mises en œuvre réellement dans les classes. Si l'on veut éviter que, comme souvent, le prescrit reste lettre morte, un large travail d'ingénierie didactique est à développer, suivi d'expérimentations en vraie grandeur dans des classes ordinaires, avec des professeurs standard. Il faut bien que de telles activités d'enseignement soient accessibles aux élèves comme aux professeurs ;
- l'on ne saurait non plus ignorer la question de l'évaluation des apprentissages des élèves, apprentissages de tous ordres (conceptuels comme procéduriers). Cette question n'a pas été évoquée dans ce papier. Tous les textes vont dans le sens de l'évaluation des compétences, sans que ne soient précisées ni leur nature ni, surtout, les situations permettant d'évaluer ces compétences.

Tout ceci ouvre sans doute un large terrain de recherches et peut constituer une dynamique de renouvellement des thèmes des recherches en didactique. Il serait dommage de rater ce train !

Références bibliographiques

- EURYDICE (2006). *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe : état des lieux des politiques et de la recherche*. Commission Européenne, Direction générale de l'éducation et de la culture.
- Gauthier, R.G. (2006). *Les contenus de l'enseignement secondaire dans le monde: état des lieux et choix stratégiques*. Paris : U.N.E.S.C.O.
- M.E.N. (2005). *Standards, compétences de base et socle commun*. Les Dossiers de la veille, I.N.R.P. [<http://www.inrp.fr/vst/Dossiers/Standards/sommaire.htm>].
- Marsh, C.J. (2004). *Key concepts for understanding Curriculum*. Londres : Routledge Falmer.
- Ministère Fédéral de l'Éducation et de la recherche (BMBF) (2005). *Le développement de standards nationaux de formation : une expertise*. Traduction en français prise en charge par la Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP). Berne.
- Ross, A. (2000). *Curriculum. Construction and critique. Classes in Education Series*. Londres : Routledge Falmer.
- White, J. (2004, Ed.). *Rethinking the school curriculum: values, aims and purposes*. Londres : Routledge Falmer.

¹⁰ Il est hélas par trop fréquent de voir des débats en classe sur ces questions de société qui oublient qu'il existe des savoirs issus des disciplines qu'il ne conviendrait pas d'ignorer. Tout n'est pas affaire d'opinions ! Le but de l'école est de développer le sens critique du futur citoyen. Ceci ne saurait se confondre avec l'apprentissage du relativisme le plus complet ...