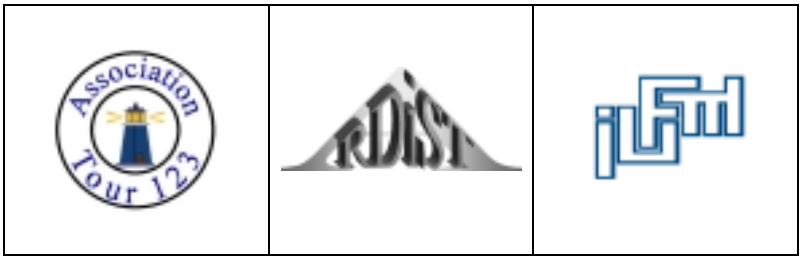
Cahiers
de la
recherche
et du
développement



SOMMAIRE

Numéro Hors Série, 2001

Actes du Colloque Carry-le-Rouet 2001 : « *Actualité de la recherche en didactique des sciences expérimentales et des techniques* »

Deuxièmes Rencontres Scientifiques de l'ARDIST

Introduction 7

Rôle de l'écrit en Sciences 9

Changements de registres sémiotiques en didactique de la physique : exemple de la loi d'Ohm
Didier Malafosse
Alain Lerouge
Jean-Michel Dusseau 11

De la lecture des vitrines du musée à l'écriture de textes scientifiques
Éric Triquet 19

Les productions d'écrits et la gestion de l'hétérogénéité des élèves au collège
Pierre Fillon 39

Chercher, écrire et communiquer en sciences à l'école : Des élèves " cyber – chercheurs "
Joël Bisault 53

Conception et expérimentation d'un module d'autoformation tutorée en français sur des contenus scientifiques. Cas de la physique
Nadia Benjelloun
Younès Benjelloun 69

Des outils au service de l'enseignement des sciences 79

Utilisation d'un modèle matérialisé informatique en classe réelle
Christian Buty 81

Pratiques de recherche d'informations sur internet en sciences physiques : difficultés et compétences
François-Marie Blondel
Monique Schwob
Olivier Kempf 91
Conception et Étude de l'utilisation d'un hypermédia sur le Son par des élèves de classe de seconde
Arnauld Sejourne..... 107
Analyse des représentations des enseignants de SVT concernant le rôle des mathématiques en biologie
Jean-Marc Lange 119
Apprentissage comparé de la notion de réaction chimique en TP ou à l'aide d'une vidéo : rôle des observations faites par les élèves
Bulent Pekdag
Jean-François Le Maréchal, ... 129
Enseigner la recherche d'information en éducation technologique
Pascale Brandt-Pomares 143

Rapport au(x) savoirs(s) 151
" Rapport au savoir et apprentissages scientifiques :
quelle méthodologie pour analyser le type de Rapport au savoir des élèves ? "
Jean-Louis Chartrain
Michel Caillot..... 153
Ce que disent les élèves à propos des activités scientifiques et technologiques à l'école
Joël Lebeaume..... 169
Les rapports d'élèves tunisiens à l'évolution du vivant et leurs référentiels d'argumentations
Saîda Aroua
Maryline Coquide
Salem Abbes 177
Contribution de la recherche en didactique à l'enseignement des sciences et techniques de la kinésithérapie
Franck Gatto..... 189
La visite scolaire au musée : Regards croisés d'enseignants en formation initiale et en activité
Cora Cohen 203

Les conceptions, les raisonnements et les difficultés des élèves 221

Le raisonnement en terme d'objet dans la physique des ondes : cas de la surface d'onde et du principe de Huygens
Laurence Maurines 223

Concepts électromagnétiques : absence de sens et manque de structuration chez les étudiants
Virginie Albe
Patrice Venturini 239

Compréhension du concept d'interaction dans le cadre d'un enseignement de mécanique
Asuman Küçüközer 251

L'histoire des ophiolites selon les géologues et les lycéens: comparaison et conséquences didactiques
Denise Orange 259

Un modèle mésoscopique de liquide pour l'enseignement de la statique des fluides
Ugo Besson
Laurence Viennot
Jacques Lega 271

La tectonique des plaques en première année d'IUFM : Une théorie globale ?
Jean-Louis Roubaud 287

Des conceptions des apprenants à la construction des problèmes le cas de la communication nerveuse
F. Beorchia 299

Transformations réversibles et irréversibles, difficultés des étudiants
Chantal Duprez
Martine Méheut 315

Etude didactique sur l'utilisation des modèles d'acido-basicité par les étudiants et les élèves de terminale S
Alain Rabier
Patrice Venturini
André Terrisse 329

Analyse des pratiques 341
Le débat en classe sur les biotechnologies favorise-t-il l'argumentation fondée des élèves ?
Laurence Simonneaux 343
Objectivation des pratiques en formation initiale d'enseignants de Physique – Chimie
Jean Marie Boilevin
Andrée Dumas-Carré 357
Communiquer entre pairs et résoudre des problèmes de physique
Monique Goffard
Serge Goffard 371
Approche des phénomènes physiques à l'école maternelle ;
rôle de l'action dans l'apprentissage
Catherine Ledrapier 389
Les tests d'hypothèses au CM : apprentissage et transfert de planification.
Yves Flandé 405
Analyse des discours en classe de physique
Trois méthodologies complémentaires
Monique Saint-Georges
Bernard Calmettes 419

Textes complémentaires 441
Pratiques d'écriture en sciences expérimentales
et formation des maîtres
Patricia Schneeberger 443
La maitrise de certains concepts en genetique et le rapport
au savoir des apprenants tunisiens de differents niveaux scolaires
Saloua Khattech Naili 457

Participants aux Colloque 469

INTRODUCTION

Dans la conjoncture actuelle, tout le monde s'accorde pour reconnaître l'importance de l'éducation scientifique et technologique dans les cursus d'enseignement et ce dès le plus jeune âge. Cette généralisation ne va pas de soi ; il faut organiser les contenus, analyser et aménager leur condition d'étude. De fait, la plupart des enseignants se retrouvent démunis. L'accompagnement de ce développement ne peut s'envisager sans un développement des recherches en didactique des sciences et de la technologie, recherches qui se révèlent essentielles. Depuis une trentaine d'années, des travaux sur l'enseignement scientifique existent, principalement au second degré. On assiste, plus récemment, à l'émergence de travaux sur les enseignements technologiques, sur l'école primaire ou l'enseignement supérieur. La tâche est immense et beaucoup reste à faire.

L'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et Techniques (ARDIST) qui regroupe des chercheurs en didactique des sciences physiques, de biologie-géologie et de technologie, s'est donné pour mission de mener une réflexion de fond et de rendre publics ces travaux de recherche. Conformément aux missions qu'elle s'est données, elle organise des rencontres scientifiques tous les deux ans. Après les premières rencontres co-organisées avec l'ENS de Cachan en 1999, ces deuxièmes rencontres d'octobre 2001 sont co-organisées à Carry-le-Rouet avec l'IUFM d'Aix-Marseille.

Plusieurs thèmes de recherche se dégagent de l'ensemble des communications retenues et cela indépendamment des disciplines de

base concernées. Les différentes sessions et leur articulation en séances plénières ou parallèles s'organisent autour de ces thèmes.
Le rôle de l'écrit dans les apprentissages est un thème très présent que ce soit en physique, en sciences de la vie et de la terre ou en technologie. Un second thème s'organise autour de l'étude d'outils (essentiellement informatiques) considérés comme aides spécifiques à l'enseignement et à l'apprentissage. Le thème des conceptions, des raisonnements et des difficultés des apprenants est toujours présent bien que l'on constate un déplacement des publics étudiés vers les étudiants à l'université. Un quatrième thème traite des questions liées au rapport aux savoirs ; ce thème est un thème émergeant. Enfin, des travaux, surtout en didactique de la physique, proposent des analyses de pratiques.

Par ailleurs, ce colloque a été pensé comme une aide à l'écriture pour les chercheurs débutants. Chaque auteur, dont la communication a été retenue, était en relation avec un des membres du comité scientifique afin de faciliter les échanges avec les experts et ainsi arriver à un article court aux normes scientifiques, ce qui est, comme chacun le sait, un exercice difficile.

Nous tenons à remercier les différents organismes qui nous ont aidés dans l'organisation de ce colloque : le Conseil Général du département des Bouches-du-Rhône, l'Association Tour 123 ainsi que le Conseil Régional.

Jacques GINESTIÉ
Président du comité scientifique

Andrée DUMAS-CARRÉ
Responsable du comité d'organisation

ROLE DE L'ECRIT EN SCIENCES

CHANGEMENTS DE REGISTRES SEMIOTIQUES EN DIDACTIQUE DE LA PHYSIQUE : EXEMPLE DE LA LOI D'OHM

Didier Malafosse*
Alain Lerouge
Jean-Michel Dusseau

Laboratoire ERES de l'Université Montpellier II
Groupe IUFM
2, place M. Godechot, B.P. 4152
34092 Montpellier Cedex

Résumé

Les notions de « registre sémiotique » et de « congruence sémantique » ont été importées de la psychologie par R. Duval pour analyser les processus cognitifs et les difficultés des élèves en classe de mathématique, en particulier pour la lecture et l'interprétation des graphiques cartésiens. Nous nous proposons de mettre en œuvre ces deux notions en didactique de la physique, à propos de l'étude expérimentale de la loi d'Ohm pour laquelle le recours à une étude graphique est souvent retenue.

1. Système sémiotique et registres sémiotiques

Duval, (1988, 1993, 1995) caractérise les systèmes sémiotiques par trois aspects : « l'aspect structural relatif à la détermination et à la signifiance des signes et à celle des possibilités de représentation qu'ils offrent, l'aspect phénoménologique, relatif aux contraintes psychologiques de production ou d'appréhension des signes, et

* Téléphone : 04 68 85 22 57 ; Fax : 04 68 85 70 40 ; didier@univ-perp.fr

l'aspect fonctionnel relatif aux types d'activité que les signes permettent d'accomplir ».

Cette vision fonctionnelle le conduit (1995) à identifier trois « fonctions cognitives fondamentales » pouvant être éventuellement assurées par un système sémiotique : la « fonction de communication », la « fonction de traitement » (c'est à dire la transformation de la représentation sans changer de système sémiotique), et la « fonction d'objectivation » (permettant à la fois la prise de conscience de l'existence de la représentation en tant que telle, et sa conversion dans un autre système sémiotique).

Il définit alors comme registre sémiotique « tout système sémiotique permettant de remplir [à la fois] les trois fonctions cognitives fondamentales ».

Trois registres sémiotiques sont couramment utilisés en classe de mathématiques (et de physique), au collège et au lycée : le registre de la langue naturelle, celui de l'écriture algébrique, et celui des graphiques.

Les activités mathématiques nécessitent que l'élève fasse appel à plusieurs registres sémiotiques. A cela deux raisons assez évidentes, l'économie de traitement et la complémentarité des registres, et une troisième raison beaucoup plus fondamentale, la coordination des registres, car liée à la construction des connaissances et révélée par les travaux de Duval.

L'économie de traitement. Cette première raison repose sur le fait que l'existence de plusieurs registres permet d'en changer de façon à réaliser les traitements cognitifs de la manière la plus économique possible. Pour s'en convaincre, il suffit d'essayer de formuler dans le registre de la langue naturelle un raisonnement de type calcul. On constatera immédiatement l'économie réalisée en se plaçant dans le registre de l'écriture algébrique.

La complémentarité des registres. Bresson (1987) a montré que, dès que l'on choisit un registre sémiotique pour représenter un contenu cognitif, les possibilités et les contraintes sémiotiques du registre conduisent à ne sélectionner que certains éléments significatifs du contenu. Il s'ensuit que la représentation sémiotique ne représente qu'une partie de ce contenu. Ce n'est que par le rapprochement des représentations d'un même contenu dans divers registres que l'on peut espérer le représenter dans toute sa complexité cognitive.

La coordination des registres sémiotiques. Les travaux de Duval ont mis à mal l'idée généralement admise que le choix pertinent d'un seul registre sémiotique permettait la compréhension du contenu conceptuel représenté. Duval montre que « la compréhension (intégrative) d'un contenu conceptuel repose sur la coordination d'au moins deux registres de représentation, et cette coordination se manifeste par la rapidité et la spontanéité de l'activité de conversion ». Mais « cette coordination est loin d'être naturelle. Et elle ne semble pas pouvoir se réaliser dans le cadre d'un enseignement principalement déterminé par des contenus conceptuels » (1995). En effet, Duval met en évidence à quel point il peut y avoir un cloisonnement des registres chez les élèves « qui ne reconnaissent pas le même objet à travers des représentations qui en sont données dans des systèmes sémiotiques différents : l'écriture algébrique d'une relation et sa représentation graphique », par exemple. Pour expliquer ce cloisonnement des registres sémiotiques, Duval (1988) a recours à la notion de « congruence ». Pour lui, la conversion entre deux représentations qui sont sémiotiquement différentes et qui représentent au moins partiellement le même contenu n'est triviale que si les représentations sont « congruentes », c'est-à-dire, si elles satisfont à un ensemble de critères permettant, entre autres, une correspondance biunivoque de nature sémantique entre les éléments signifiants de la représentation dans les différents registres sémiotiques considérés.
Ainsi, conformément à la théorie de Duval, nous devons nous attendre, pour les cas de non-congruence, à ce que, non seulement le temps de traitement soit important, mais encore que la conversion se révèle « impossible à effectuer, ou même à comprendre, s'il n'y a pas eu un apprentissage préalable concernant les spécificités sémiotiques de formation et de traitement de représentation qui sont propres à chacun des registres en présence » (Duval, 1995).

2. Mise en œuvre du modèle de Duval en didactique de la physique

Nous avons retenu l'étude expérimentale de la loi d'Ohm comme terrain d'expérimentation parce qu'elle s'inscrit dans le champ conceptuel (Vergnaud, 1990) de la proportionnalité qui a été étudiée sur son versant mathématique. Elle présente en outre une propriété

très importante pour nous, qui découle en partie de cette appartenance à ce champ conceptuel : elle nécessite plusieurs registres. Elle est donc adaptée à notre projet de tester la pertinence du modèle de Duval en didactique de la physique. Outre le registre de la langue naturelle omniprésent dans toute activité de classe, nous avons identifié, par analyse a priori, trois registres indispensables aux élèves pour réaliser les activités de classe demandées.

Le registre graphique. Ce registre qui est indispensable pour l'étude des dipôles électriques non linéaires (dont le comportement ne peut pas toujours être décrit par des relations analytiques entre tension et intensité), n'est pas nécessaire pour établir expérimentalement la loi d'Ohm. Néanmoins, la simplicité de la représentation graphique du comportement du résistor (une droite passant par l'origine du plan {U, I}) prédispose ce registre à une mise en œuvre quasi systématique dans les manuels scolaires, qui postulent, contrairement à Duval, la transparence de la coordination des registres chez l'élève.

Les registres analytique et numérique. L'analyse des processus de conceptualisation en physique nous a semblé nécessiter le partage du registre algébrique de Duval en deux entités :

- d'une part un registre numérique régi par les règles de l'arithmétique et de l'algèbre et permettant de traiter les données numériques correspondant aux mesures de tension et d'intensité. C'est dans ce registre que l'élève se positionne pour rechercher des régularités numériques dans un tableau de valeurs.
- d'autre part un registre analytique, correspondant au registre algébrique de Duval. C'est dans ce registre que l'élève doit se placer lorsqu'il s'intéresse à la relation fonctionnelle traduisant la loi d'Ohm.

2.1 La recherche de régularités numériques et le passage à une « formule physique » traduisant la loi d'Ohm, à partir d'un ensemble de groupes de nombres correspondant aux mesures des diverses tensions et intensités d'un circuit série simple

Tout sujet appréhende les objets et événements de l'espace de réalité Malafosse et al., 2000) par l'entremise d'observables, qui, pour prendre un sens, ont besoin d'un cadre de rationalité (Lerouge, 2001 ; Malafosse et al., 2001) dans lequel des concepts (ou conceptions)

peuvent être construit(e)s et des modèles élaborés. Nous avons donc étudié le comportement des élèves au cours des diverses phases qui les conduisent des mesures à la loi physique (ici la loi d'Ohm), et en particulier, au moment de la projection des observables quantifiées issues de l'expérience. Cette étape est déterminante par le choix du cadre de rationalité retenu car c'est en grande partie de lui que dépendent la nature des concepts et la forme (qualitative et quantitative) des lois, mais surtout leur pertinence. Par exemple, en cours de sciences physiques, la projection d'une observable dans le cadre des sciences physiques peut conduire à une quantité physique, c'est-à-dire, dans le cas particulier où elle est mesurable, au doublet (mesure, grandeur) associé à la quantité physique. Par contre, si cette même observable est projetée dans le cadre de rationalité des mathématiques, la mesure est interprétée comme un nombre pur, et la perte d'information dimensionnelle qui s'ensuit peut conduire à des lois physiques fausses. Ainsi, la mobilisation d'un cadre de rationalité inadapté dès l'étape de projection d'éléments de l'espace de réalité peut conduire à des règles en contradiction avec les lois du cadre de rationalité scientifique adéquat. Nous avons pu constater que les élèves choisissent spontanément leur cadre personnel des mathématiques pour effectuer le traitement des observables quantifiées accessibles au cours de l'activité expérimentale menée en cours de sciences physiques. Ce choix inadapté est dû à une surdétermination de la rationalité des mathématiques qui conduit à oublier la spécificité de la rationalité de la physique et en particulier son indispensable référence à l'espace de réalité. Cette surdétermination du cadre des mathématiques par rapport à celui de la physique, souvent encouragée par le choix des situations de classe proposées par les enseignants et les manuels scolaires, repose implicitement sur l'idée abusive d'une identité des lois de traitement dans des registres appartenant à des cadres de rationalité scientifique différents : le tableau du cadre mathématique serait le même que le tableau en sciences physiques ; idem pour le graphique. Or nous montrons qu'il n'en est rien, car la notion de registre est instable dans l'opération de changement de cadres culturels.

2.2 La représentation graphique de la loi d'Ohm sous forme d'une droite passant par l'origine du plan (U, I) et la détermination graphique de la résistance du résistor

Cette activité attendue des élèves correspond, à plusieurs changements de registres sémiotiques (numérique, analytique, graphique) dans les cadres personnel et culturel de la physique.
Nous montrons, que les changements de registres mis en œuvre à propos de l'étude expérimentale de la loi d'Ohm, loin de faciliter l'appropriation du concept de résistance et de résistor, représentaient un obstacle à la conceptualisation, et que cet obstacle est dû à la fois à l'absence de congruences sémantiques entre les représentations du concept de proportionnalité dans les divers registres employés, et à la fois à l'instabilité des registres sémiotiques dans l'opération de changement de cadre de rationalité.

3. Conclusion

La mise en œuvre du modèle de Duval révèle son aptitude à opérer en didactique de la physique, mais elle nécessite cependant de s'interroger sur la spécificité disciplinaire des registres sémiotiques. Nos exemples montrent en effet que la nature des éléments significatifs et des règles de traitement d'un registre dépendent tout autant de la nature du problème à traiter (et donc des règles de rationalité) que du registre lui-même. Une étude approfondie sur l'identification des éléments structuraux de registres sémiotiques autres que les registres prototypiques auxquels les enseignants de mathématiques ont recours (par exemple les registres graphique et matriciel mis en œuvre en optique géométrique) est aujourd'hui en cours.

REFERENCES

BRESSON F. (1987). Les fonctions de représentation et de communication. Psychologie. In. PIAGET, MOUNOUD, BRONCKART (Eds.). Encyclopédie de la Pléiade, pp. 933-982.

DUVAL R. (1988). Écarts sémantiques et cohérence mathématique : introduction aux problèmes de congruences. Annales de Didactique et de Sciences Cognitive de l'IREM de Strasbourg, 1, pp. 7-25.

DUVAL R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement de la pensée. Annales de Didactique et de Sciences Cognitives de l'IREM de Strasbourg, n°5, pp.37-65

DUVAL R. (1995). Sémiosis et pensée humaine. Berne, Peter Lang.

LEROUGE A. (2001). Le culturel et le familier dans la conceptualisation de la droite en mathématique au collège : la notion de cadre de rationalité. (accepté, à paraître dans Recherche en Didactique des Mathématiques).

MALAFOSSE D., LEROUGE A. & DUSSEAU J.-M. (2000). Etude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : I. Espace de réalité. Didaskalia, 16, pp. 81-106.

MALAFOSSE D., LEROUGE A. & DUSSEAU J.-M. (2001). Etude en inter-didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : II. Changement de cadres de rationalité. Didaskalia. 18 pp.

VERGNAUD G. (1990). La théorie des champs conceptuels. Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol 10, n° 2-3, pp. 133-170.

DE LA LECTURE DES VITRINES DU MUSEE A L'ECRITURE DE TEXTES SCIENTIFIQUES

Éric Triquet

IUFM–Grenoble et LIDSET[1]

Introduction

Si les visites de scolaires dans les musées apparaissent aujourd'hui mieux préparées et plus organisées qu'autrefois, force est de constater que la place et le rôle des activités d'écriture au musée demeurent ambigus et problématiques. Certains visiteurs ironisent d'ailleurs sur le comportement frénétique de nos jeunes élèves dans les musées, lesquels, armés de fiches questions, n'auraient d'autres objectifs que de se livrer à une course acharnée à la bonne réponse et à la copie des textes des bornes.

Le tableau peut paraître caricatural, mais il a le mérite de mettre en lumière quelques-unes des questions que peut légitimement se poser tout enseignant en visite au musée avec sa classe : quel rôle donner aux activités d'écriture avant et après la visite ? Quelles formes d'écrits privilégier à chaque étape ? Ou encore, comment permettre une interaction entre les écrits produits en classe et au musée ?

Le travail[2] présenté dans cette publication cherche à montrer en quoi l'écrit est un outil d'autonomie pour les élèves visiteurs et surtout, dans quelle mesure il participe, sous certaines conditions, à la rencontre des ces derniers avec le musée[3].

---

[1] Laboratoire Interdisciplinaire de Didactique des Sciences Expérimentales et des Technologies

[2] Le travail présenté est extrait d'une recherche INRP sur les pratiques d'écriture en sciences à laquelle ont également participé Michèle Laperrière, Bernadette Odasso, Marie-Sylvie Poli, Françoise Verdetti et Luz Vilarrupla.

[3] Pour un regard complémentaire, se reporter aux articles du même auteur cités en bibliographie.

1. Le contexte de la recherche

1.1 Écrire au musée : est-ce bien pertinent ?

La question de l'écriture au musée est une question récurrente, souvent débattue, mais toujours d'actualité. En premier lieu, il faut bien reconnaître que la galerie d'exposition se révèle être un lieu peu adapté pour développer des situations d'écriture : inconfort au plan matériel, nuisances diverses liées aux autres visiteurs, manque de lumière… Mais, sans travail d'écriture au musée, point de traces fiables de la visite. Dans ce dilemme, les "fiches-enquêtes" sont apparues comme une solution alternative. Cora Cohen et Yves Girault (1999) nous renvoient aux raisons qui ont présidé à l'apparition de cet outil et rappellent les critiques auxquelles il a dû faire face.

Prenant acte des contraintes évoquées plus haut et des problèmes de gestion des flux de visiteurs scolaires le personnel des services pédagogiques des musées a peu à peu mis au point des fiches permettant de cadrer de façon efficace le travail de prise d'information au musée. Des questions très ciblées orientent les observations des élèves ; elles appellent des réponses très brèves, limitées le plus souvent à un seul aspect, et relativement impersonnelles. Progressivement, l'écrit en tant que tel, a été réduit à sa plus simple expression ; il s'est alors agi de relier par un trait, cocher une réponse, entourer, ou au mieux, écrire un nom ou un mot important.

Notre propos n'est pas de montrer du doigt ce type d'écrits au musée qui d'ailleurs a fait preuve de son efficacité dans certains contextes d'utilisation (Guichard, 1989). Néanmoins, si l'on suit Cora Cohen et Yves Girault (1999) on peut exprimer certaines réserves quant à la possibilité de prendre réellement en compte les spécificités du musée par ce type d'approche. Par ailleurs, nous semble-t-il, l'évolution muséographique nous oblige à réexaminer le statut et le rôle des écrits qui accompagnent et prolongent une visite menée dans un cadre scolaire.

1.2 Le musée : un espace codé

L'apparition des dioramas réalistes dans les Musées d'histoire naturelle a déterminé une exigence plus grande sur les choix de scénographie. Néanmoins l'aspect réaliste des premières présentations a progressivement cédé sa place à des formes de dioramas beaucoup plus épurées où l'évocation au moyen de signes empruntés à divers registres sémiotiques (de l'image, de l'espace, du son, de la lumière et de l'objet) prend toute sa place.
Selon Davallon (1998) la muséologie d'exposition est donc à aborder comme une stratégie de communication par l'objet et la mise en scène, stratégie très spécifique par laquelle pour accéder au savoir, le visiteur doit apprendre à formaliser verbalement ce qu'il voit. Ainsi la "lecture" des objets exposés commande un second niveau de lecture sur le sens donné par le concepteur, remarque Michel Allard (1999). Il souligne qu'alors la démarche de l'élève visiteur ne peut se limiter à trouver des réponses. Comme dans la vie de tous les jours il lui faut repérer et décoder des indices, les mettre en relation, recouper et analyser ses déductions voire les remettre en cause pour établir au plus juste leur crédibilité et leur signification. On prend conscience avec cet auteur que l'apprentissage au musée va bien au delà d'une simple acquisition de connaissances factuelles. Il met en jeu des attitudes et mobilise des compétences qui sont en permanence sollicitées non seulement dans la vie quotidienne au travers, par exemple, de la publicité ou des signalétiques urbaines. Il donne l'occasion de développer ce que Michel Allard nomme des " habilités intellectuelles ". Or il nous semble que l'écrit peut jouer sur ce plan un rôle tout à fait déterminant.

1.3 Écrire pour décoder

Depuis Saussure l'écrit est appréhendé comme un système permettant d'interpréter les autres systèmes de signes[4]. Il permet de les expliciter tous dans un seul et même code et ouvre ainsi la possibilité de les traduire – nous devrions dire de les "transcoder" – de les mettre en

[4] Photographie, musique, code de la route, etc.

relation. Benveniste parle à ce propos de la fonction d'"interprétance" de l'écrit (1974).
Un travail d'écriture au musée est ainsi une occasion privilégiée pour former les enfants à formaliser par le biais du langage les émotions, questionnements et savoirs que les musée, et plus généralement les nouveaux médias, diffusent sous forme d'images, de pictogrammes, de signes non langagiers ou de sons. Pour les chercheurs que nous sommes il y a là une possibilité extrêmement riche d'étudier les phénomènes dynamiques d'intercompréhension sémantiques. Mais, au delà, c'est la question de l'accès, par l'écrit, à des connaissances scientifiques véhiculées par un média multisémiotique de type exposition qui est en jeu.

1.4 Écrire et réécrire pour structurer et construire des connaissances

La place centrale de l'écriture dans les activités scientifiques n'est plus à démontrer : écrire pour anticiper, écrire pour transcrire des observations, écrire pour penser, réfléchir, clarifier sa pensée, écrire pour communiquer. Pour Camille Durnerin et Alain Robert (1991) l'écrit est l'intermédiaire de la construction du savoir car, selon eux, « il intervient en permanence, dans les processus d'organisation et de régulation des actions conduisant à la découverte ». Elle participe également, on le sait, à la mise au clair et à la formalisation des idées et contribue de fait à l'apprentissage conceptuel. Béatrice Pudelko et Denis Legros (2000) de leur côté rappellent que l'écriture est à appréhender comme un processus circulaire et récursif dans la mesure où, nous disent-ils, elle privilégie les activités de réélaboration progressive des savoirs. La réécriture va donc au delà d'une simple reprise d'un texte premier ; elle détermine une démarche réflexive de l'élève sur son propre écrit et engage un travail cognitif sur les savoirs en jeu.

2. Le cadre méthodologique

2.1 “La montagne vivante” : une exposition à décoder

Le support muséal choisi est l'exposition “Montagne vivante” du muséum d’histoire naturelle de Grenoble[5]. Elle correspond à une forme muséographique évoquée plus haut qui privilégie une mise en scène riche en signes visuels. Ces derniers évoquent ici le milieu montagnard sans le représenter de façon réaliste : un coin de ciel bleu pour caractériser une clairière, des teintes grises et des formes anguleuses pour rappeler l’aspect minéral de l’étage alpin, un fond blanc et l’absence de certains animaux pour signifier l’hiver. Au fil du parcours, dans chaque vitrine, plusieurs thèmes sont traités. Ils renvoient à la vie des animaux – l’habitat, les relations alimentaires, la reproduction, etc. – , et aux adaptations animales à l’égard des contraintes de la montagne ; ils déterminent dès lors autant d’objectifs notionnels pour notre visite.

2.2 Une séquence d’écriture-réécriture

Le travail s’est étalé sur deux ans et a concerné une même classe de cours moyen. L'année de CM1 a été mise à profit pour construire les pré-requis indispensables à la compréhension des thèmes traités par l'exposition, sans faire mention cependant d’une possibilité de visites au musée. Celles-ci se sont déroulées l’année du CM2 ; elles ont été précédées par la définition d’un questionnement au sujet des adaptations des animaux montagnards et ont donné lieu à un travail d’écriture échelonné sur plusieurs séances. Le dispositif proposait une alternance de séances de lecture d’indices et d'écriture de textes devant les vitrines du muséum avec des séances de réécriture en salle (atelier du muséum ou classe). À noter que nous avons délibérément masqué les textes du musée jusqu’à la dernière étape.

---

[5] Nous tenons ici à remercier toute l’équipe du service éducatif du muséum et son Conservateur, M Fayard, qui ont beaucoup œuvré pour le bon déroulement de cette recherche.

Devant les vitrines, une série de trois opérations a été proposée aux élèves :

- lister les animaux et les objets du décor : écrit 1 ;
- repérer et noter les caractéristiques des animaux présentés : écrit 2A ;
- définir le milieu et la saison sur la base des indices prélevés : écrit 2B.

Les écrits produits à cette étape sont à considérer comme des écrits d'"investigation" (voir les exemples présentés plus loin).

La seconde activité se rapporte à l'écriture de textes longs de "médiation". Le travail fut découpé en trois phases, correspondant toutes à l'écriture-réécriture d'un texte de médiation s'appuyant sur les observations de la vitrine étudiée. Ils sont rédigés en salle (de classe ou du musée), hors de la vue des vitrines. Trois temps successifs sont à nouveau à distinguer :

- produire un texte explicatif à partir des textes d'investigation : écrit 3A ;
- réécrire le texte 3A en utilisant une liste de connecteurs proposée dans une fiche de réécriture : écrit 3B[6] ;
- réécrire le texte 3B en le complétant d'informations tirées de la lecture des textes des bornes (dévoilés à cette dernière étape lors d'une seconde visite accompagnée d'une prise de notes guidée par des questions) : texte 3C[7].

3. Éléments de problématique

3.1 Questionnement

La question de fond de notre recherche concerne le type d'écrit à entreprendre devant les vitrines du musée et le lien à construire entre ces écrits et d'autres écrits produits en situation plus confortable et plus distanciée.

---

[6] Voir en annexes les fiches de réécriture à la disposition des élèves.

[7] Le texte 3C est adressé cette fois à un élève n'ayant pas étudié la vitrine ; nous n'analyserons pas ici l'impact de cet élément de la consigne qui est resté sans effets notables. Pour des raisons de place, nous n'étudierons pas non plus ici l'étape intermédiaire de prises de notes dans le musée.

La problématique de recherche peut-être ainsi résumée autour de deux grandes questions..

- En quoi la production d'écrits "courts" d'investigation de type "listes" et "fiches" rédigés au musée peut-elle initier un travail, en premier lieu de lecture de l'exposition, ensuite d'inventaire et de catégorisation des éléments de savoirs présentés ?
- En quoi la production d'écrits "longs" de médiation de type "cartel de vitrine" peut-elle engager d'une part un travail d'explicitation, de construction et de structuration de connaissances rencontrées au musée, d'autre part d'explication de phénomènes biologiques présentés dans les vitrines étudiées ?

3.2 Hypothèses sur les écrits

Selon nous en mettant les élèves en situation d'apprendre à repérer puis décoder des systèmes de signes que le conservateur a utilisé pour traiter des savoirs scientifiques autrement que par les mots (paysage, sexe, âge), puis en leur demandant d'écrire en langue naturelle ce qu'ils ont vu ou compris, nous les initions à la fois à une lecture de signes visuels et à un transcodage en signes linguistiques ouvrant tous deux sur un accès, une appropriation et une mise en mémoire d'éléments de savoirs exposés.

La rédaction des écrits d'investigation

- Elle initie une analyse par composantes de la vitrine (animaux, milieu, saison).
- Elle engage un travail de repérage et de décodage des indices utilisés par le concepteur.
- Elle constitue une première "banque" de mots et de noms pour les écrits qui suivent.

La rédaction des écrits de médiation

- Elle permet de mettre en œuvre une approche systémique de la vitrine.
- Elle engage la mise en coïncidence de caractéristiques concernant les animaux, leur milieu de vie, les caractéristiques saisonnières, notamment par l'usage de connecteurs.

- Elle détermine une évolution vers un registre plus scientifique grâce aux notes prises sur les bornes de l'exposition et intégrées à la base de texte existante.

Nous prenons le parti dans cet article de présenter la totalité des écrits d'un seul et même élève[8]. Notre choix s'est porté sur un cas relativement représentatif des écrits obtenus sur les vitrines correspondant aux premiers étages de la montagne. L'analyse en continue des productions successives de cet élève nous permet ainsi d'apporter une vision d'ensemble des évolutions obtenues et, de là, d'aborder le problème de l'interaction entre les deux types d'écrits proposés.

4. Les écrits successifs de Marianne sur la vitrine chevreuil

4.1 La vitrine des chevreuils

Il s'agit là de la première vitrine de l'exposition (voir photographie accompagnant l'écrit 2A présenté plus loin). Elle constitue le point de départ de l'ascension dans le milieu montagnard proposé par le concepteur. Elle représente une clairière évoquée par une trouée de ciel bleu au milieu du couvert végétal à plusieurs saisons. Au premier plan, on peut voir une femelle (N°1) et deux jeunes dont l'un (N°2) incline la tête en direction d'un écureuil constituant le fil directeur des vitrines du milieu forestier des premiers étages montagnards. Au second plan on peut observer deux mâles. L'un a perdu ses bois (N°3) ; il correspond à un animal d'hiver, comme l'atteste également, mais de façon plus discrète la couleur grisâtre de son pelage. L'autre (N°4), présente un pelage plus roux et surtout possède encore ses bois, comme c'est le cas tout au long de l'année à l'exception de l'hiver. La taille des jeunes tend quant à elle à indiquer plutôt une fin d'été, alors que la teinte orangée du feuillage imprimée sur le fond évoque un début d'automne.
Les points importants à repérer sur cette vitrine concernent donc la différenciation sexuelle et les variations de cette différenciation au fil

[8] À titre individuel chaque élève a pris en charge une seule vitrine de l'exposition.

des saisons. Par ailleurs, il pourrait être intéressant de noter la relation jeune-femelle, les attitudes de guet des mâles typiques des herbivores sauvages, et le fait que les chevreuils sont des animaux graciles donc peu adaptés à un déplacement sur les pentes abruptes et escarpées des hauts sommets.

4.2 Les écrits d'investigation rédigés par Marianne devant la vitrine

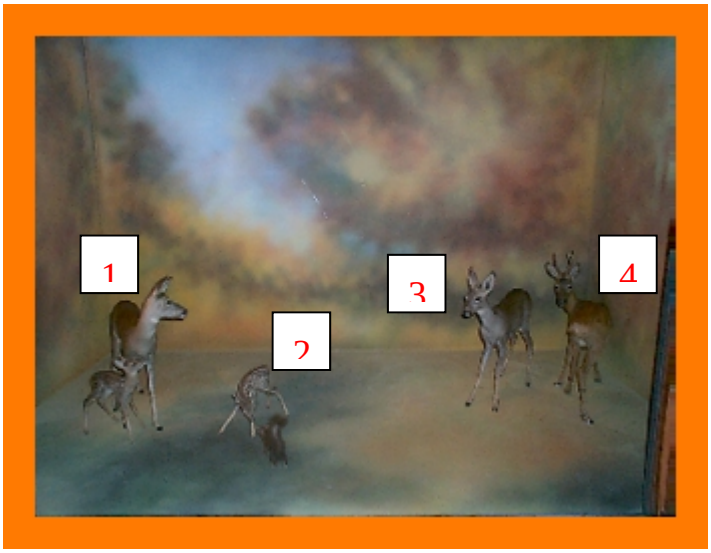
La liste

Cet écrit (non présenté ici) se présente sous forme de deux colonnes : à gauche une colonne "animaux", à droite une colonne "autres éléments du paysage".
Dans la première Marianne à pointé un écureuil, trois chevreuils et deux daims ; dans la seconde elle a listé les éléments suivants : arbres, buisson, ciel, herbe, terre feuillage, nuage.
Il apparaît que dès cette première étape l'inventaire des animaux par espèce et par stade (pour les chevreuils) est chiffré, complet et juste. On remarque néanmoins que les jeunes sont mal nommés ("daim"[9]) et qu'aucune différenciation sexuelle n'est proposée. La liste des éléments du paysage est également assez détaillée : le "ciel" et les nuages sont proposés, de même que les éléments végétaux mais sans notification de couleur.
L'établissement de ces deux listes mené en parallèle engage donc un premier travail de d'identification relativement précis. Des précisions sont apportées dans les écrits qui suivent.

étudiée en CM1, et dont tous les individus sont tachetés.

Les écrits de la fiche2A
Vitrine A (chevreuil)

Fiche n°2A Nom :……Prénom :… Marianne



N°	Ecris le nom de l'animal :	Quels sont les détails qui permettent de le reconnaître ?	Si tu le peux, précise en mettant une croix :			Quels sont les détails qui te le montrent ?
			femelle	mâle	jeune	
1	biche	forme	X			pas de bois ni de bosses
2	daim	taille petites tâches			X	tailles petites tâches
3	chevreuil	les petites bosses		X		petites bosses
4	chevreuil	bois		X		bois

Les catégories animales définies précédemment sont affinées et justifiées. En premier lieu une distinction des animaux selon leur sexe est proposée : outre les bois identifiés comme attribut du mâle, l'indice "bosses" (protubérance pérenne à la base des bois) est perçu ; la femelle est quant à elle définie par l'absence de ces éléments. À

noter que cette dernière est à présent nommée. Les jeunes pour leur part sont caractérisés par la présence de tâches, confirmant notre hypothèse de confusion avec le nom d'espèce.

Les écrits de la fiche 2B

Vitrine A (Chevreuil)

Fiche n°2B Nom :……. Prénom : Marianne

Réponds aux questions :	**Quels détails te le montrent ?**
– À quel étage de la montagne se trouvent les animaux ? C'est l'étage des forêts	 Les arbres, les buissons
– Dans quel milieu ? (forêt, falaise, prairie…) Dans la forêt	 Car il y a beaucoup d'arbres
– En quelle saison ? Automne	 Car les feuilles sont marron, jaunes rousses

Les déterminations sont pertinentes bien qu'incomplètes. L'étage et le milieu sont regroupés sous le même qualificatif : "forêt". Pour la saison, l'automne a été retenue.

La justification de ces deux types de détermination fait appel à des indices pris sur la composante végétale, déjà répertoriés dans la liste. L'indice "ciel" de la liste n'est cependant pas exploité pour la détermination du milieu. Enfin la définition de la saison est à l'origine d'une nouvelle prise d'indice : couleur des feuilles. Soulignons que paradoxalement le phénomène de perte des bois chez le chevreuil mâle n'est pas ici mobilisé.

4.3 Les écrits de médiation de Marianne

Le texte 3A : une information sur les chevreuils

Les chevreuils vivent en forêt. Les adultes perdent leurs tâches. Vers l'automne les mâles chevreuils perdent leurs bois donc il faut faire bien attention pour savoir si c'est un mâle ou une femelle. (Les mâles c'est celui qui a des bois). Ils aiment bien les forêts, les clairières, l'ombre. Les chevreuils ne sont pas méchants mais peureux, dès qu'il y a des gens qui arrivent ils courent se cacher. Le sexe se voit difficilement. Ils ne sont pas très forts pour escalader les rochers et les pentes.

D'une manière générale, les textes 3A se présentent comme une première mise en texte des déterminations réalisées dans l'exposition et formalisées dans les écrits d'investigation. Ils apparaissent caractéristiques sur quatre points que nous allons appréhender successivement au travers de l'analyse du texte de Marianne.

- Un appui sur les écrits d'investigation.
  D'une part, les trois entrées proposées dans les fiches (le "qui", le "où", le "quand" sont réactivées pour définir la structure de base du texte, d'autre part, le contenu des déterminations est largement réinvesti. On note néanmoins un recentrage sur la composante animale, et plus précisément sur les chevreuils adultes. Tout est défini de leur point de vue (milieu, saison) et seuls les indices les concernant sont repris.

- Une référence au milieu naturel et non plus à la vitrine.
  Une juxtaposition d'informations en rapport avec les espèces animales concernées par la vitrine.
  Ce dernier point est intéressant car plus inattendu. En effet, on a très tôt affaire ici à un texte informatif à visée généralisante. Aucun renvoi explicite à la vitrine et au temps de la visite n'est proposé. On relève un usage exclusif de l'article défini "les" devant les chevreuils, relayés par le pronom personnel "ils" semblant englober tous les individus de l'espèce "chevreuil". Enfin, le discours construit apparaît marqué par un ancrage dans l'intemporel (toujours). On assiste donc ici à une première évolution importante : ces premiers textes longs ne procèdent pas à une simple description des éléments observés mais déjà à une déduction

de faits généraux à partir des observations consignées dans les écrits d'investigation.

- Un premier travail de mise en relation.
  Elle concerne une caractéristique de l'animal (chute des bois) et la dimension saisonnière. Le point à souligner est qu'elle s'accompagne d'une mise en garde faite au lecteur quant à la reconnaissance des sexes chez le Chevreuil. L'usage du "donc" permet ici d'alerter le lecteur sur une des conséquences du phénomène biologique mis en évidence, à savoir la difficulté de différencier les animaux des deux sexes. Il révèle par là même tout l'intérêt et l'importance que cet élève porte à cette connaissance. Par ailleurs, signalons que pour la première fois l'élève répond à une question en « comment (le reconnaît-on) ? », amorçant ainsi le travail d'explication à venir. Néanmoins on note toute l'ambiguïté de la précision portée entre parenthèses dans le texte.

- Des ajouts introduits par rapport aux écrits d'investigation.
  De son propre fait Marianne introduit deux nouveaux thèmes tous deux abordés à un niveau très anthropomorphique : le premier renvoi à un trait de comportement de l'animal ("peureux"), le second à un aptitude physique de l'animal.

Le texte 3B : de la justification à l'explicitation

Les chevreuils vivent en forêt car il y a des arbres et des buissons. La saison dans la vitrine était l'automne car les feuilles étaient rousses, jaunes, oranges, marrons. Les adultes perdent leurs tâches. Vers l'automne, les mâles chevreuils perdent leurs bois donc il faut faire bien attention pour savoir si c'est un mâle ou une femelle. (Les mâles c'est celui qui a des bois). Ils aiment bien les forêts, les clairières, l'ombre. Les chevreuils ne sont pas méchants mais peureux, dès qu'il y a des gens ils courent se cacher. Le sexe se voit difficilement. Leur spécialité n'est pas d'escalader les rochers mais plutôt de gambader dans la forêt. L'écureuil vit à plusieurs étages et n'est pas l'ennemi des chevreuils donc ils s'entendent plutôt bien.

Le texte 3B est construit pour sa part comme une suite de justifications, conformément à la consigne de réécriture. Il est constitué cette fois d'une majorité de phrases composées, l'allongement étant déterminé par l'utilisation de connecteurs également proposés en consigne.
Le réinvestissement des indices prélevés en 2B concerne à présent l'ensemble des dimensions :

- le "où" avec l'indice correspondant "arbres" et "buissons" ;
- la saison, au moyen de l'indice "couleur du feuillage".

Au niveau de l'utilisation des connecteurs proposés dans la grille de réécriture, on remarque quatre emplois de plus :

- deux "car" dans les deux premières phrases : il faut voir ici davantage une justification des déterminations sur le contenu de la vitrine qu'une tentative d'explication (reprise des indices de la liste et de la fiche 2A) ;
- un nouveau "mais" d'opposition apportant cette fois une précision sémantique sur les aptitudes du chevreuil mais toujours ancré dans un registre peu scientifique ;
- un nouveau "donc" marquant ici une causalité au niveau de la relation "écureuil-chevreuil" mais là encore formulé avec un vocabulaire très anthropomorphique.

Néanmoins, s'ils demeurent à un niveau que nous qualifierons de "connaissances communes", ces ajouts déterminent des réponses à des questions en "comment" (ex : comment se comporte le chevreuil en présence d'ennemis ?") et des mises en relation entre plusieurs dimensions (aptitudes de l'animal / caractéristiques du milieu ; relation entre animaux se rencontrant à un même étage). Ils réorientent le discours en construction d'une visée informative (3A) et justificative (début 3B), vers une recherche de sens qui se prolonge en 3C.

Le texte 3C : une recherche d'explications

Les chevreuils vivent en forêt car il y a des arbres et des buissons, de l'herbe, des pousses. C'est l'étage des forêts. Il est herbivore et se nourrit des plantes et des pousses les plus nourrissantes. Les adultes perdent leurs tâches. La saison dans la vitrine était l'automne car les feuilles étaient rousses, jaunes, oranges, marrons. Les chevreuils (mâles) perdent leurs bois donc il faut faire bien attention pour savoir si c'est un mâle ou une femelle. (Les mâles c'est celui qui a des bois).

Ils aiment bien les forêts, les clairières, l'ombre. Les chevreuils ne sont pas méchants mais plutôt peureux, dès qu'il y a des gens, ils courent se cacher. Leur spécialité n'est pas d'escalader les rochers mais plutôt de gambader dans la forêt. Les chevreuils sont les amis des écureuils. Les chevreuils ne mangent pas les écureuils.

La production de ce texte est marquée par l'intégration des notes prises lors de la seconde visite au musée au cours de laquelle les textes des bornes ont été dévoilés (voir annexe).
Dans l'exemple étudié la reprise dans le texte 3C d'éléments pris en notes se révèle limitée à un seul aspect concernant l'alimentation du chevreuil. Néanmoins cet ajout détermine localement d'une part un basculement dans le registre explicatif, d'autre part un changement de référence. Examinons de près cette évolution aussi discrète qu'importante.
Elle se joue dans les trois premières phrases au travers d'un rapprochement entre le thème de l'habitat et celui de l'alimentation.
Tout d'abord, la première phrase indiquant le milieu de vie des chevreuils est complétée de deux termes : "herbe" et "pousses" pris dans le texte des bornes. Ensuite, deux nouvelles phrases sont introduites. La seconde est un apport d'initiative personnelle tiré de l'écrit d'investigation 2B et définissant l'étage. La troisième reprend les éléments du milieu ajoutés en première phrase en les abordant cette fois du point de vue de l'alimentation du chevreuil et introduit le terme d'"herbivore". Cette reprise instaure une nouvelle mise en relation, ici entre les composantes du milieu et le régime alimentaire du chevreuil. Ainsi on passe d'une séquence introductive justifiant la détermination de la vitrine (3B) à une séquence explicative concernant l'écologie du chevreuil "en général". À noter que dans le prolongement, le rapport "chevreuil"-"écureuil" est réinterprété du point de vue des relations alimentaires.
Au delà, on remarque que sur ce thème, les écrits du musée ont pris immédiatement du sens. Ils sont à l'origine d'une réorganisation locale du texte permettant le développement d'une nouvelle idée jusqu'ici en latence. Cette intégration opportune du matériau pris en notes est une caractéristique que nous avons retrouvée de façon encore plus marquante dans les écrits 3C de la vitrine dite "des marmottes" (Triquet, 2000). Elle s'inscrit le plus souvent dans la résolution de

problèmes explicatifs toujours implicites mais amenés progressivement, au fil des réécritures.

5. Bilan et discussion

5.1 La progression des écrits

Les premiers écrits rédigés au musée engagent, on l'a vu, une lecture analytique de la vitrine : les composantes animale, environnementale et saisonnière sont pointées et leurs caractéristiques sont, pour l'essentiel, décodées. La liste permet une reconnaissance, et la nominalisation, d'espèces, d'individus, d'éléments du milieu. Dans le prolongement les fiches 2A et 2B d'engager la différenciation des espèces et des individus, la caractérisation du milieu, la détermination de la saison. Ce premier matériau va dès lors servir de base aux écrits longs. De fait on constate que les textes de médiation s'appuient ensuite largement sur ces écrits. L'introduction des connecteurs aboutit ensuite à des mises en relation entre les différentes dimensions étudiées. Enfin, on note, que l'information textuelle du musée trouve aisément sa place dans ces écrits.
On retiendra ici tout l'intérêt de dévoiler tardivement les bornes du musée pour ne pas assister à un "recopiage" mécanique des textes du musée. Arrivant à un moment où le questionnement est avancé et la structuration du texte de base bien en place, l'information textuelle du musée prend immédiatement du sens et peut être intégrée. Par ailleurs, on peut penser que la demande de mise en relation formulée en consigne à partir du texte 3B associée à l'introduction des connecteurs jouent également un rôle important à ce niveau.

5.2 Le texte informatif comme modèle de référence

Au-delà de ce bilan plutôt encourageant un point mérite discussion à savoir le caractère généralisant des textes de médiation. On peut interpréter ce constat de plusieurs façons.
Il est possible d'y voir l'expression d'une représentation des élèves concernant le texte scientifique. On retrouve en effet le stéréotype du texte de science à la fois informatif et généralisant par l'intermédiaire duquel les manuels scolaires, comme les encyclopédies ou certaines

revues, proposent un ensemble de connaissances génériques concernant les animaux. Si tel est le cas, on mesure combien les représentations de l'écrit acquises à l'école ou par la presse de vulgarisation à destination des jeunes publics peuvent rendre difficile la production d'autres types d'écrits plus personnels et fondés sur des observations. De ce point de vue, il est tout à fait révélateur qu'aucun élève ne soit parvenu à noter par écrit le paradoxe qui consiste au muséum à faire cohabiter dans la même vitrine des chevreuils mâles avec des bois et d'autres qui en sont dépourvus. On observe là d'ailleurs une rupture entre les écrits d'investigation des élèves qui ont pu mettre en évidence certains indices contradictoires et les écrits de médiation qui ont totalement évacué ces "artéfacts" de vitrine.
D'un autre côté, on peut voir dans ce passage à l'informatif la volonté d'inscrire au plus vite les nouvelles connaissances acquises au musée sur des cas particuliers dans les modèles généraux sur les animaux travaillés en classe. La visite au musée fournit ici non seulement l'accroche et le prétexte à l'écriture mais aussi, et surtout, un cadre pour le réinvestissement de connaissances générales acquises antérieurement. Elle donne l'occasion de développer une interaction entre des "contenus de référence", ici sur les animaux en général, et des "cas particuliers", en l'occurrence les animaux de la montagne.
Or, comme le souligne Fayol (1991), c'est là un point essentiel du processus de transformation des connaissances qui accompagnent l'acte d'écriture. De ce point de vue l'approche en système du musée apparaît très intéressante, en particulier pour l'école plus habituée à séparer – de par son découpage thématique des objets de connaissance dans des programmes – qu'à mettre en relation.

Conclusion

Cette recherche fait ainsi apparaître combien l'écriture peut constituer, pour des élèves de cours moyen, un outil pour interroger et décoder des présentations muséales, prélever et mettre en relation des informations, organiser et structurer ses savoirs. Elle révèle également quel rapport des élèves de fin d'école primaire peuvent construire avec des connaissances scientifiques véhiculées par une exposition de musée via la médiation linguistique. Concernant plus spécifiquement le travail d'écriture nous retiendrons tout l'intérêt qu'il y a à articuler

deux situations d'écriture menée en alternance au musée et à l'école. La première permet d'organiser la "lecture" des vitrines en tenant compte des spécificités du musée et conduit à la production une trace mémoire de la visite. La seconde obéit à une logique de reconstruction et prolonge la recherche de signification et le travail d'explicitation. Dans ce contexte non seulement le musée contribue à donner du sens aux connaissances scolaires, mais en outre, il offre un cadre pour la contextualisation et à la finalisation des activités d'écriture, deux gages importants de leur efficacité.

REFERENCES

ALLARD M., 1999, *Le partenariat école-musée : quelques pistes de réflexion* , Aster, 29, pp 27-40.

BENVENISTE E ., 1974, Problèmes de linguistiques générale 2, Paris : Gallimard.

COHEN C., GIRAULT Y., 1999, *Quelques repères historiques sur le partenariat école-musée,* Aster, 29, pp 9-26.

DAVALLON, 1998, "Cultiver la science au musée", *La révolution de la muséologie des sciences*, Lyon : PUL.

DURNERIN (C)., ROBERT (A), 199, *Vers la construction par les élèves d'un outil d'aide à l'écriture d'une explication scientifique*, ASTER, 12, Paris : INRP, 120-153.

FAYOL M., 1991, L'approche cognitive de la production écrite, une introduction bilan, in La production d'écrits de l'école maternelle au collège, Actes du colloque organisé par l'Université de Bourgogne et la MAFPEN de l'académie de Dijon, CRDP-Dijon, 147-159 .

GIRAULT Y., 1999, *L'école et ses partenaires scientifiques*, Aster, 29, pp 3-8.

GUICHARD J., 1989, *Démarche pédagogique et autonomie de l'enfant dans une exposition scientifique ,* ASTER, n°9, Paris : INRP, pp. 17-42.

PUDELKO B., LEGROS D., 2000, *J'écris donc j'apprends ?*, cahiers pédagogiques, Paris : CRAP, pp. 388-389 .

TRIQUET É., ODASSO B., POLI M-S, 2001, *Écrire des textes explicatifs au muséum ; est-ce bien raisonnable ?*, Lire écrire à l'école, 12, CRDP-Grenoble pp. 12-15.

TRIQUET É, LAPERRIÈRE M., ODASSO B., 2001, Le muséum de Grenoble ; source d'écrits pour comprendre la vie des animaux en montagne , Grand N, 67, IREM-Grenoble pp. 81-102.

LES PRODUCTIONS D'ECRITS ET LA GESTION DE L'HETEROGENEITE DES ELEVES AU COLLEGE

Pierre Fillon

INRP
Département des didactiques des disciplines
Unité de sciences expérimentales
29, rue d'Ulm
75230 PARIS Cedex 5
fillon@inrp.fr

Introduction

L'écriture accompagne les élèves tout au long de leur scolarité. C'est à la fois un objet et un outil d'apprentissage.
Au niveau du collège deux ruptures importantes se produisent en matière de langue par rapport à l'école primaire. Alors qu'à l'école, une seule personne traite de la langue comme objet et comme outil d'enseignement dans des univers indifférenciés de savoirs, au collège :

- la langue est désormais un outil d'enseignement dans plusieurs univers spécifiques de savoirs.
- la langue est maintenant un objet d'enseignement pris en charge surtout par l'un des enseignants (celui de français).

C'est en 6ème et surtout au cycle central que se met en place cette rupture ; c'est donc le lieu privilégié pour l'étude des pratiques pédagogiques d'écrit en relation avec la transmission des savoirs dans les différentes disciplines.
Mais l'usage de l'écrit pour l'acquisition, la transcription et la restitution des savoirs scolaires dans les différents univers de savoirs est un facteur important de marquage et d'accentuation de l'hétérogénéité des publics scolaires. Les différences de compétences langagières, qui sont un des indicateurs de cette hétérogénéité,

peuvent entraîner des différences de niveaux dans la construction des savoirs scolaires. Les pratiques langagières et scripturales sont indissociables de tout apprentissage et leurs mises en œuvre nécessitent la prise en compte de l'hétérogénéité dans les classes.

1. La problématique de la recherche

Le département des didactiques des disciplines de l'INRP a mené, de 1997 à 1999, une recherche intitulée « Production d'écrits et construction des savoirs dans les différentes disciplines scolaires : Gestion de l'hétérogénéité des élèves au collège » (publication interne du rapport final en décembre 1999). Cette recherche visait à décrire et analyser les pratiques de production et de prise en compte d'écrits pour la construction des savoirs dans les classes du cycle central de collèges hétérogènes du point de vue des populations concernées. On entend par écrit la diversité des « traces graphiques » utilisées par les élèves et les professeurs : textes, schémas, tableaux, graphiques, figures, dessins, cartes, etc …. Comment les enseignants gèrent-ils la production de ces écrits dans des classes hétérogènes ? Comment articulent-ils cette production avec celle des savoirs ?

L'étude réalisée a été doublement comparative :

- Comparaison entre disciplines : l'étude porte sur des séances d'enseignement dans quatre disciplines : français (expression écrite et cours de langue), histoire-géographie, mathématiques et sciences expérimentales.
- Comparaison entre types de classes : les terrains d'observation sont différents quant à l'hétérogénéité des élèves. La base de distinction entre les classes repose sur le point de vue des enseignants sur l'hétérogénéité de leur classe et non sur un repérage comparatif puisqu'il s'agit de pointer d'éventuelles adaptations de pratiques.

2. Un aperçu du cadre théorique et de la méthodologie de la recherche

Le cadre théorique, dans lequel s'est inscrit cette recherche, est constitué principalement, pour ce qui concerne les relations entre

l'écrit et l'hétérogénéité des élèves, par les travaux de B. Lahire (1993), E. Bautier (1995), E. Bautier et Rochex (1998). Ces travaux, qui portent surtout sur l'échec scolaire, ont montré que les différences et inégalités scolaires prennent naissance sur des pratiques langagières et tout particulièrement sur des pratiques propres à la culture écrite. Ecrire, pour certains élèves, n'est pas le moyen de construire un savoir mais celui d'effectuer une tâche scolaire, de juxtaposer des énoncés d'origines diverses (l'enseignant, le manuel) sans autre visée que de montrer que l'on sait des choses.
Le langage (tout comme le savoir), pour de nombreux élèves en difficulté, est une pratique qui s'ignore comme telle, qui s'oublie dans son fonctionnement pour se fondre dans les actes, les évènements et les situations. D'où leurs difficultés, et parfois leurs résistances, face aux activités scolaires spécifiques de la culture écrite qui exigent d'eux qu'ils sachent opérer une importante transformation de leur rapport au langage et au monde.
Pour le rôle de l'écrit dans la construction des savoirs, la recherche s'est appuyée entre autres sur les travaux de Vygotsky (1985), Goody (1979, 1993) pour postuler que l'écrit n'est pas un outil ayant seulement une fonction instrumentale permettant l'expression d'une pensée ou de savoirs, mais comme un principe d'élaboration et de constitution des savoirs.
Le travail d'écriture ne correspond jamais à une simple transcription de ce qui a été pensé ou oralisé. Ce n'est pas non plus un simple travail de la langue et de mise en forme linguistique. C'est un instrument irremplaçable de l'élaboration d'un concept.

La méthodologie utilisée a consisté à construire, de façon pluridisciplinaire, plusieurs outils pour observer et analyser les séquences d'enseignements dans les différentes disciplines. Cette construction s'est inscrite dans la continuité de travaux réalisés dans les différentes unités disciplinaires du département des didactiques.
Parmi les outils construits, la grille d'observation et d'analyse des séances d'enseignement dans les classes du cycle central a permis d'apporter la majeure partie des informations sur les pratiques d'écrit (document en annexe).La construction de cette grille a demandé, d'une part, une recherche de descripteurs pertinents par rapport aux questions de recherche ainsi que d'observables ; d'autre part, elle s'appuie sur des essais et des confrontations de l'adaptabilité aux

différentes disciplines. A l'usage, les remarques qui ont pu être formulées sur l'adaptabilité de la grille aux différentes disciplines ou aux diverses activités dans une même discipline ont été prises en compte.

Les séances observées et enregistrées ont été, dans un premier temps transcrites, puis codées à l'aide de cette grille. Une représentation schématisée et plus visuelle de ce codage a été ensuite effectuée afin de faciliter les comparaisons entre séquences. Une mise en relation des données codées caractéristiques des situations et des activités intellectuelles avec les caractérisations des différents écrits a permis d'atteindre les différents objectifs de la recherche. Un croisement de ces résultats avec le niveau des classes et leur nature plus ou moins hétérogène a permis de caractériser la gestion de l'hétérogénéité mise en œuvre par les professeurs. Des entretiens réalisés avec les professeurs et des élèves ont permis de compléter les résultats précédents.

Enfin une analyse en composantes principales sur l'ensemble des observations de cours en réunissant les différentes disciplines a été réalisée pour mettre en évidences leurs ressemblances et leurs différences par rapport à la gestion de l'hétérogénéité.

Les analyses des observations réalisées dans les classes sont un ensemble d'études de cas qui conduisent à donner des tendances sur les pratiques des professeurs concernant l'écrit. Notre échantillon était constitué, pour l'ensemble des disciplines, de 57 classes réparties dans 10 collèges (de centre-ville, de banlieue et ruraux).

Dans cet exposé, nous nous limiterons à la présentation des principaux résultats des modes de gestion de l'hétérogénéité mises en place par les professeurs des différentes disciplines à travers la production et l'utilisation des écrits dans les classes et nous nous interrogerons sur une baisse éventuelle des exigences dans les classes hétérogènes.

3. Au collège, y a-t-il un modèle récurrent interdisciplinaire concernant les écrits ?

A partir des observations réalisées dans les différentes disciplines et les différentes classes, des invariants sont apparus qui nous ont permis d'échafauder les tendances d'un modèle interdisciplinaire concernant l'écrit. En ce qui concerne la gestion de l'hétérogénéité, nous avons

été amenés à distinguer les pratiques communes mises en œuvre à l'intérieur des classes de celles utilisées dans des classes d'hétérogénéité et de niveaux différents.

En ce qui concerne la gestion de l'hétérogénéité par l'écrit au sein des classes, nous avons relevé :

- **Une absence de gestion différenciée des productions d'écrits et des apprentissages disciplinaires :**
  Quel que soit le degré d'hétérogénéité de la classe, les professeurs tendent à la considérer comme un groupe homogène et proposent à tous les élèves la même stratégie didactique pour acquérir les savoirs disciplinaires de la séance ainsi que ceux concernant l'écrit. Autrement dit, il n'y a pas de véritable prise en compte didactique de l'hétérogénéité par les professeurs.

- **Une absence de travaux de réécriture :**
  Cette observation a été faite dans toutes les disciplines étudiées sauf en français (en expression écrite). Les entretiens avec les professeurs confirment cette observation.
  Cette absence de travaux de réécriture dans la plupart des disciplines indique que l'écrit est considéré par les professeurs comme un outil et non un objet d'apprentissage.
  Bien que constatant une grande hétérogénéité dans les classes dans le maniement de la langue, les professeurs semblent se décharger de l'apprentissage des techniques d'écrit sur le professeur de français.

- **Une prise en compte individuelle de l'hétérogénéité lors des activités écrites :**
  Cependant, dans les disciplines proposant des activités faisant intervenir l'écrit lors de situation de travail individuel, il a été constaté une prise en compte empirique et ponctuelle de l'hétérogénéité au sein des classes par les professeurs.
  C'est le cas des mathématiques lors de la résolution d'exercices, en sciences expérimentales lors de la réalisation d'expériences ou d'étude de documents et en français lors de travaux de d'écriture ou de réécriture en expression écrite. Elles correspondent pour

certaines disciplines à des phases de réinvestissement et non de transmission des savoirs.

Ces activités permettent, dans une certaine mesure, aux élèves de la classe de progresser à leur propre rythme. Pendant celles-ci, les professeurs des différentes disciplines procèdent de manière assez semblable : en circulant dans la classe pendant le temps dégagé par l'activité, ils prennent connaissance des écrits que sont en train de produire les élèves et interviennent personnellement auprès d'eux pour leur apporter de l'aide ou encore de façon individuelle mais en reprenant à destination de la classe. Ces interventions permettent au professeur d'apporter une remédiation différente selon les difficultés rencontrées par les élèves. Cette aide est plus psychologique (encouragement) que didactique. Cependant lorsqu'elle est didactique, elle semble porter davantage sur le contenu (démarche et réponse attendue) que sur l'écrit (respect des normes et précision des écrits sont cependant vérifiés).

Cette aide peut être suivie d'une mise au point collective à partir du travail d'un élève ; alors, l'intervention du professeur a souvent pour but d'homogénéiser les travaux des différents élèves et permettre un avancement cohérent de l'activité au sein de la classe.

D'une manière générale, la relation individuelle élève-professeur est le mode de gestion privilégié de l'hétérogénéité.

- **Une prise en compte de l'hétérogénéité à l'oral :**

  Dans pratiquement toutes les disciplines, une gestion de l'hétérogénéité a été constatée à l'oral pendant des phases de construction des connaissances. Nombreux sont les enseignants qui disent utiliser l'oral plutôt que l'écrit pour gérer les différences dans la classe.

  Généralement, cette activité orale ne s'appuie pas sur les écrits des élèves mais plutôt sur des documents (textes, cartes, tableaux, graphiques) distribué par le professeur. C'est le cas en français, histoire et géographie, sciences de la vie et de la Terre. En physique-chimie, le support est souvent une expérience réalisée par les élèves ou le professeur.

  Cependant, ce type d'activité orale peut parfois s'appuyer sur les écrits des élèves lors des phases de réinvestissement des

connaissances. C'est le cas de la correction d'exercices préalablement cherchés en classe ou à la maison.
Lors d'un échange entre quelques élèves et le professeur, celui-ci interroge ceux qui interviennent spontanément et ceux qu'il désigne sachant qu'ils ont des difficultés particulières. Le professeur orchestre la construction collective du savoir : il en guide son élaboration par ses questions, la sélection des élèves interrogés, et celle des propositions qu'il retient.
A la fin de cet échange, un écrit collectif, validé par le professeur, est l'aboutissement de ce travail.

Cependant chaque discipline s'écarte plus ou moins de ces tendances moyennes par des caractéristiques qui lui sont propres. Ainsi nous avons relevé :
En sciences expérimentales, et surtout en physique-chimie, la stratégie didactique la plus fréquente s'appuie sur un écrit individuel (relevé d'observations, relevé de mesures dans un tableau, graphique après un relevé de mesures) réalisé lors d'une expérience.
La présence dans le noyau central de la plupart des séances observées d'une expérience rend plus difficile des propositions de variantes selon les difficultés des élèves. Elle pourrait être à l'origine de l'absence de stratégies didactique différenciées.
Cependant, la phase d'exploitation de l'expérience, qui permet de proposer des tâches variées aux élèves, ne fait pas non plus l'objet de diversification des stratégies.
Malgré tout, pendant les phases d'écrit et d'expérimentation, le professeur apporte une aide individualisée aux élèves en circulant dans la classe comme il a été décrit plus haut.

En mathématiques, aucune stratégie différenciée n'a été observée alors que l'ossature des séances est constituée par la recherche individuelle d'un ensemble d'exercices qui permettrait facilement une hiérarchisation des tâches. Tout au plus, il a été observé une séance où les élèves avaient la même tâche à effectuer mais où la gestion de la classe était conçue pour qu'ils puissent la mener à terme à leur rythme avec une aide individualisée du professeur.

En français, aucune démarche, aucun type de progression, de type d'activité n'est conçu et mis en œuvre pour traiter les problèmes d'hétérogénéité dans les classes.
Il en découle une forte tendance à l'homogénéisation des contenus, une indifférenciation des compétences à acquérir et une limitation des démarches proposées. C'est surtout le cas dans des séances de langue.
Cependant certaines observations montrent quelques tentatives de prise en compte des difficultés individuelles sous formes variées mais qui dépendent plus des styles pédagogiques des professeurs que de l'hétérogénéité de la classe. On le constate particulièrement dans les séances d'expression écrite.

En histoire et géographie, l'analyse du déroulement général des séances n'a pas permis de mettre en évidence des stratégies permettant de résoudre les problèmes d'hétérogénéité présents au sein de certaines classes.
Le déroulement essentiellement à l'oral des activités d'observation et d'analyse de documents, dans un jeu de questions/réponses, masque en grande partie les différences de niveaux entre les élèves de la classe et ne permet pas la mise en place de stratégies diversifiées. Cette pratique distingue cette discipline des autres.
Une prise en compte à minima de l'hétérogénéité se produit tout de même à l'oral. Celle-ci ne s'appuie pas sur l'écrit des élèves mais sur la compréhension d'écrits variés (textes, photographies, cartes, tableaux, graphiques) présents dans les documents et les capacités orales des élèves.

En ce qui concerne la gestion de l'hétérogénéité par l'écrit entre les classes, nous avons été amené à observer :

- **Une réduction de l'autonomie des élèves dans les classes hétérogènes :**

  Dans les quatre disciplines étudiées, il apparaît que les professeurs réduisent l'autonomie des élèves dans ces classes.

  Ainsi dans les classes homogènes faibles ou hétérogènes de niveau moyen ou faible, les écrits proposés aux élèves par les enseignants sont moins libres, produits dans des conditions moins ouvertes, moins autonomes que dans les classes homogènes et d'un bon niveau.

Dans ces classes les élèves sont plus encadrés : l'enseignant cherche à contrôler toutes les traces écrites. Il écrit plus au tableau et les élèves ont souvent des activités de recopie.

- **Une réduction des écrits libres dans les classes hétérogènes :**
  On constate une moindre présence des activités libres d'écriture dans les classes hétérogènes. Les élèves travaillent souvent sur des feuilles photocopiées préparées à l'avance avec un texte à trous où ils n'ont à inscrire que quelques mots ou une phrase.
  Par contre, les activités de recopie sont nettement plus importantes dans ces classes que dans les classes homogènes fortes.
  Dans certaines classes, l'écrit intervient comme régulateur pour l'obtention du calme.
- **Une réduction du niveau d'exigence dans les classes hétérogènes :**
  Dans les quatre disciplines étudiées, il apparaît que les professeurs réduisent le niveau d'exigence en ce qui concerne les apprentissages disciplinaires et langagiers dans les classes hétérogènes par rapport aux classes homogènes.
- **Dans les classes hétérogènes, les activités de réinvestissement du savoir sont principalement réalisées en classe sous forme d'exercices :**
  Le professeur peut ainsi apporter une aide individualisée aux élèves en difficulté. Alors que dans les bonnes classes, l'activité de réinvestissement est souvent laissée à la charge des élèves, à la maison.
  Cette pratique permet de confirmer l'hypothèse que les professeurs ne tiennent pas compte du facteur hétérogénéité de la classe.
- **Les évaluations disciplinaires ne tiennent pas compte des difficultés langagières des élèves dans les classes hétérogènes :**
  A part en français et dans une moindre mesure en histoire et géographie, le maniement de la langue et de l'expression n'est pratiquement pas pris en compte dans les évaluations pour ne pas pénaliser les élèves en difficultés. Par contre, dans les bonnes classes, les évaluations peuvent en tiennent compte.

- **Pour conclure : le critère de niveau de classe est plus pertinent que celui de l'hétérogénéité pour la gestion des écrits et des stratégies d'apprentissage :**
  Les différences de gestion de l'écrit et des stratégies d'apprentissage ne semblent pas liées à des critères d'hétérogénéité mais plutôt au niveau général de la classe. Les professeurs ont tendance à assimiler les classes hétérogènes à des classes homogènes faibles ce qui leur permet de faire l'économie de la mise en place d'une pédagogie différenciée.

Dans chaque discipline, des différences ont été observées :

Dans une discipline comme **les sciences expérimentales**, il semble que l'hétérogénéité de la classe soit source d'une plus grande diversité des pratiques d'enseignement concernant l'écrit.
Les supports d'écriture (tant du professeur que des élèves), les types d'écrits … sont plus variés que dans les classes homogènes ; comme si l'hétérogénéité dans ces classes entraînait chez les professeurs un besoin de varier certaines caractéristiques des écrits pour éviter des tâches trop longues et fastidieuses.
Dans les classes hétérogènes, les enseignants ont bien tendance à réduire leur niveau d'exigence. Cela a pour but de proposer à l'ensemble des élèves un niveau moyen compréhensible de tous. Ils demandent surtout moins de résumés et de synthèses ; la demande de schémas vient palier les difficultés langagières. L'encadrement des élèves y est plus contraignant ; les professeurs leur laissent peu d'autonomie.
Ces pratiques concernant l'écrit et la gestion de l'hétérogénéité sont aussi observées en **histoire et géographie** mais dans une moindre mesure en raison du peu de diversité des activités écrites. Elles modifient peu les stratégies didactiques caractéristiques de la discipline.

En français, quel que soit la nature du travail proposé, le mode de gestion de la classe est fortement lié au style pédagogique du professeur. Certains professeurs différencient leur attitude et leur mode de gestion de la classe en fonction des situations et du type de travail proposé aux élèves. Cette différenciation, qui tient compte de

l'hétérogénéité de la classe, porte sur la phase de mise en œuvre des savoirs et non sur celle de leur construction.
Le travail d'écriture en expression française y est plus encadré que dans les classes homogènes. La place faite au travail individuel y est plus important, permettant une aide plus individualisée. Les élèves ne travaillent que sur des phrases et non des textes. Cela dans le but de réconcilier les élèves faibles avec l'écrit en les mettant en situation de réussite. Cela reprend une conception très ancienne et obsolète de la didactique du français, celle du pas à pas.
En langue, la gestion est fortement collective, avec un encadrement strict de l'écrit quelque soit le type de classe. Dans les classes faibles, les enseignants utilisent des polycopies avec des exercices à trous.
On pourrait en déduire que certaines conceptions de la didactique de l'écriture seraient plus propices que d'autres à la prise en compte de l'hétérogénéité.

En mathématiques, les remarques générales ont été observées. En ce qui concerne les tâches demandées dans les deux catégories de classes, c'est plutôt la distinction classe forte / classe faible qui s'avère être le critère pertinent : découpage en succession d'exercices courts et simples dans les classes faibles alors qu'on observe des tâches plus complexes dans les classes fortes.
Dans ces classes, les professeurs prennent moins d'informations directes sur les écrits des élèves. Ils demandent davantage aux élèves de lire leurs productions. En un mot, ils leur font plus confiance.

Conclusion

Dans les quatre disciplines étudiées, le niveau global de la classe pèse fortement sur la manière dont les enseignants modulent leurs pratiques concernant l'écrit.
Si les classes, quelque soit leur niveau et leur degré d'hétérogénéité, font l'objet d'une manière générale **d'une gestion collective du groupe-classe**, les élèves des classes faibles et les classes hétérogènes sont plus particulièrement l'objet d'un suivi individualisé de leurs écrits lors d'activités spécifiques à chacune des disciplines. C'est le cas lors des manipulations et activités documentaires en sciences expérimentales, de recherche d'exercices en mathématiques,

d'activités d'expression écrite en français. Mais ce mode de gestion ne se retrouve pas en classe de français (langue) et surtout d'histoire-géographie, fortement marquée par le modèle transmissif, qui paraît peu affectée par le facteur composition de la classe.

Dans les disciplines où il y a suivi individualisé des écrits, celui-ci se déroule plutôt lors de phases de recontextualisation des savoirs que de leur construction.

D'une manière générale, on constate la représentation dominante selon laquelle **l'apprentissage de l'écriture est la spécialité du professeur de français**. Ainsi en sciences expérimentales ou en mathématiques, certains enseignants ne prennent en compte que des problèmes de langue et de types d'écrits spécifiques à leur discipline dans le suivi des écrits. Les aspects sémantiques et syntaxiques ne sont pas relevés pour ne pas pénaliser les élèves en difficultés. Paradoxalement, il en est de même pour le point de vue sémantique lors des apprentissages des savoirs sur la langue en cours de français.

Si **la quantité d'écrit, ou le temps passé à écrire, sont souvent plus importants** dans les classes faibles ou dans les classes hétérogènes, des différences qualitatives doivent être soulignées : l'activité de copie, de recopie ou de simple retranscription est plus fréquente dans ces classes, activité encadrée par des consignes strictes du point de vue de l'organisation matérielle. L'écriture est plus souvent libre, autonome, portant sur des unités de discours plus longues dans les classes homogènes fortes.

L'ensemble de ces remarques conduit à s'interroger sur la question **de la baisse des exigences dans les classes hétérogènes**, question à laquelle la réponse est globalement positive.

Ainsi en sciences expérimentales et en histoire-géographie, cela se traduit par la moindre présence dans ces classes, sinon de l'écrit linéaire, du moins de la " raison graphique " : graphiques, schémas, tableaux, etc., outils dont on connaît l'importance pour l'élaboration et la formalisation des savoirs dans ces disciplines. La baisse d'exigence en expression écrite en classe de français se traduit par un retour à des pratiques anciennes, visant à demander aux élèves des énoncés minimum (mots, phrases), évitant les textes dont le travail est plus complexe à gérer.

REFERENCES

Bautier E.(1995), *Pratiques langagières, pratiques sociales*, Paris.
Bautier E., Rochex J.Y., (1998), *l'expérience scolaire des nouveaux lycéens. Démocratisation ou massification ?* Paris, Armand Colin.
Goody J., (1979), *La raison graphique*, Paris, Eds de Minuit.
Goody J.(1993), *Entre l'oralité et l'écriture*, Paris, PUF, p 264.
Lahire B., (1993), *Culture écrite et inégalités scolaires*, Paris.
Vygotski L.S., (1985), *Pensée et langage,* Messidor Editions sociales, Paris, 1985.

ANNEXE

Grille d'observation des productions d'écrits

Caractérisation des écrits

1 - Conditions de production d'écrit de l'élève

1 - Prise de notes 2 - Autonome 3 - Prise de cours sous la dictée 4 - Recopie 5 - Ecriture libre 6 - Ecriture sous contrainte 7 - Reformulation ou réécriture 8 - Traduction d'un langage dans un autre 9 - Remplissage de cases

2 - Type d'écrit de l'élève

1 - Graphique, tableau, organisation spatiale de données, carte, schémas, figure géométrique 2 - Symbolique 3 - Figuratif 4 - Mots 5 - Phrases 6 - Texte (7 - Résumé, synthèse, compilation, définition 8 - Description, narration 9 - Explication, argumentation)

3 - Statut de l'écrit de l'élève

1 - Privé 2 - Privé à vocation publique 3 - Privé à vocation d'évaluation sommative 4 - Public (5 - Individuel 6 - Collectif (7 - Fait en classe 8 - Fait en dehors de la classe))

4 - Support de l'écrit de l'élève (E) ou du prof (P)

Professeur (P) et Elève (E): 1 - Cahier de cours 2 - Cahier d'exercice 3 - Cahier de brouillon 4 - Cahier (ou classeur) mixte 5 - Papier calque 6 - Polycopié préparé 7 - Cahier d'exercice édité 8 - Tableau noir 9 - Affiche/ Paper board/ Transparent/ Ordinateur

5 - Rôle de l'écrit

Professeur (P) : 1 - Consignes, énoncés de questions 2 - Collecte de propositions 3 - Institutionnalisation

Elève (E) : 1 - Enregistrement d'informations ou de savoirs 2 - Restitution de savoirs 3 - Utilisation d'informations et ou de savoirs 4 - Pour production de nouveaux savoirs 5 - Sans visée de production de nouveaux savoirs

6 - Consignes d'écriture par le professeur

1 - Absence de consignes ou consignes implicites 2 - Organisation intellectuelle de la tâche 3 - Organisation matérielle de la tâche 4 - Rappel de contraintes

7 - Relation oral/écrit

Professeur (P) : 1 - Lit à haute voix un document 2 - Dicte en répétant à l'identique 3 - "Dicte" en répétant avec variations 4 - Reformule ce qui est écrit 5 - Commente ce qui est écrit 6 - Corrige ce qui est écrit 7 - Valide ce qui est formulé avant écriture 8 - Autre

Elève (E) : 1 - Lit à haute voix un document 2 - Lit à haute voix ce qui a été écrit par lui ou par le groupe 3 - Lit à haute voix en répétant avec des variations 4 - Lit à haute voix les questions et/ou les consignes 5 - Commente ce qui est écrit 6 - Corrige ce qui est écrit 7 - Formule ce qui peut être écrit 8 - Autre

8 - Evaluation des écrits (S) ou des écrits oralisés (SO)

1 - Langue (correction syntaxique ou orthographique) 2 - Vocabulaire 3 - Validité 4 - Respect des normes 5 - Rigueur, précision (porte sur le contenu) 6 - Autre (7 - Individuelle 8 - Collective 9 - Individuelle à vocation collective)

9 - Ce qui est écrit au tableau par le professeur

1 - Titres 2 - Plan 3 - Mots repères 4 - Orthographe 5 - Phrases entières 6 - Tableau, schéma, norme 7 - Schéma de synthèse de connaissances 8 - Autre (9 - Utilisation de couleurs différentes, de soulignement)

CHERCHER, ECRIRE ET COMMUNIQUER EN SCIENCES A L'ECOLE : DES ELEVES « CYBER – CHERCHEURS »

Joël Bisault

GRIEST / IUFM d'Amiens – LIREST / ENS Cachan
3 rue Bossuet, 60 000 Beauvais
tel : 03 44 48 72 00 - fax : 03 44 48 72 11
mail : joel.bisault@amiens.iufm.fr

Introduction

Le GRIEST[10] travaille depuis plusieurs années sur la transposition des pratiques sociales des chercheurs en sciences (Bisault, 1998, 1999 ; Bisault & al., 2000). Un dispositif didactique a été conçu à partir de la mise en réseau de plusieurs classes d'école élémentaire reliées par Internet autour d'un « projet de recherche » commun. Deux aspects de l'activité des chercheurs ont été transposés : l'investigation et la communication. Les écrits électroniques produits par les élèves « cyber – chercheurs » ont été étudiés dans le cadre d'une recherche sur l'écriture en sciences[11]. L'analyse de l'ensemble des écrits a permis d'observer l'élaboration conjointe des discours et des connaissances.

1. Problématique de recherche

Des pratiques sociales diverses (recherche, ingénierie, artisanat…) ont souvent servi de référence aux activités scientifiques et techniques

[10] Groupe de Recherche et d'Innovation pour l'Enseignement des Sciences et Techniques de l'IUFM d'Amiens.

[11] Recherche associative INRP – IUFM (1997- 2000) « pratiques d'écriture dans l'enseignement des sciences » coordonnée par A. Vérin.

scolaires. Jean Louis Martinand a proposé le concept de « pratique sociale de référence » pour prendre en compte dans cette référence, non seulement les savoirs en jeu, mais aussi les objets, les instruments, les problèmes et les techniques, le contexte et les rôles sociaux (Martinand, 1986, 2000). Parmi ces références sociales, la pratique des chercheurs joue un rôle privilégié dans l'enseignement des sciences, depuis de nombreuses années et à tous les niveaux de la scolarité (Beaufils & Larcher, 1999). La partie la plus emblématique de l'activité des chercheurs est constituée par l'ensemble des activités d'investigation[12] que Bruno Latour regroupe sous le terme de « mobilisation du monde » (Latour, 1988). Cependant, la communication constitue aussi une part importante de l'activité des chercheurs. La communication intervient à tous les niveaux et à toutes les étapes de la recherche - entre membres d'une même équipe pour organiser les recherches - ou avec l'ensemble de la communauté scientifique pour participer au débat scientifique : un énoncé ne prendra le statut d'énoncé scientifique que s'il est validé et repris par d'autres scientifiques (Latour, 1988). La communication entre les chercheurs passe par des modes variés, avec des formes orales ou écrites : réunions, séminaires, colloques, cahier de laboratoire, rapports, articles, brevets (Ducancel, 1995b). Les pratiques de communication des chercheurs ont évolué avec l'utilisation des nouvelles technologies sans toutefois remettre en question les enjeux essentiels de la communication scientifique : enregistrer et diffuser l'information, échanger les points de vue, valider les connaissances nouvelles et capitaliser le savoir sur un sujet donné (De La Vega, 2000). Gérard Fourez considère les pratiques scientifiques comme la construction par la communauté scientifique de modèles éprouvés, fiables et socialisés, pour nous représenter notre situation et nos possibilités et pour communiquer à leur propos (Fourez, 1999). Ces différents aspects de l'activité des chercheurs ne transparaissent pas encore suffisamment dans l'enseignement des sciences à l'école (Sutton, 1995).

---

[12] Ces activités d'investigation peuvent prendre des formes variées selon les domaines scientifiques et selon les chercheurs : expériences de laboratoire, exploration du milieu, enquêtes, modélisations, simulations...

Nous avons donc choisi de transposer à l'école certains aspects du fonctionnement social de la science en regroupant des élèves de différentes écoles autour d'un même « projet de recherche » en sciences et en organisant la communication au sein de cet ensemble d'élèves. La communication a été institutionnalisée à toutes les étapes du projet, à l'intérieur des classes et entre les classes en utilisant différentes modalités (oral, écrit, écrit électronique). Nous avons recherché une articulation étroite entre activités langagières et activités scientifiques dans la lignée de travaux antérieurs (Astolfi & al., 1991 ; Ducancel, 1995a) basés sur une conception constructiviste de l'apprentissage scientifique. Ces travaux ont montré comment les activités d'écriture pouvaient accompagner les différentes étapes de la démarche d'apprentissage en sciences (Garcia-Debanc, 1995) ; ils ont mis en évidence l'aspect structurant de l'écriture et le rôle des interactions sociales dans la co-construction des connaissances scientifiques (Vérin, 1995, 1998).

Sur le plan linguistique, nous nous situons dans une conception sociale de l'écriture qui est celle de l'interactionnisme socio-discursif (Bronckart, 1996). Nous nous inspirons aussi du modèle de production textuelle de Hayes et Flower (Hayes & Flower, 1980) utilisé par plusieurs auteurs (Astolfi & al., 1991 ; Fayol, 1997). Ces deux modèles ne portent pas strictement sur les mêmes objets (fonctionnement général des discours pour Bronckart et processus rédactionnel pour Hayes et Flower) et n'ont pas la même visée (modèle psychologique théorique dans le premier cas, modèle à visée psychopédagogique dans le deuxième cas) ; cependant ces deux modèles ont en commun de montrer l'importance des différents éléments du contexte dans le processus d'élaboration textuelle. Pour Bronckart (1996), l'action langagière est la part individuelle d'une activité sociale médiatisée par le langage qui se matérialise par la production d'une entité singulière, le texte. Dans l'action langagière, les connaissances de l'agent locuteur sur les normes sociales sont utilisées au titre de contexte social et les connaissances sur les genres textuels en usage interviennent au titre du contexte verbal. Pour Hayes et Flower (1980), plusieurs types de connaissances interviennent dans la mémoire du rédacteur en dehors du thème du discours : les connaissances sur l'auditoire et celles concernant les schémas – types de textes. Ces modèles nous ont permis de décrire notre dispositif

didactique sur le plan linguistique ; ils nous ont également fourni des outils pour l'analyse des écrits produits par les élèves dans cette opération.

Deux questions de recherche ont été examinées :

- l'organisation du débat scientifique au delà de la classe favorise-elle les apprentissages en sciences à l'école
- la communication électronique entre élèves, par l'intermédiaire d'Internet facilite-t-elle la production d'écrits en sciences ?

2. Présentation du dispositif didactique

Le dispositif didactique a reposé sur la constitution de « cyber – équipes de recherche »[13] composées de plusieurs groupes d'élèves de différentes classes[14] travaillant sur un même « projet de recherche » et communiquant par Internet. À partir d'un même problème général (concevoir la maison du futur en interaction avec son environnement), sept[15] projets de recherche différents ont été élaborés (un par cyber – équipe). Des activités scientifiques (expériences, enquêtes, sorties, recherches documentaires, essais techniques) ont été menées dans chaque classe et la communication électronique entre les classes[16] a été hébergée sur le réseau interne[17] de l'IUFM d'Amiens. Deux aspects des pratiques des chercheurs ont ainsi été transposés au niveau de l'école : l'investigation et la communication. La particularité du dispositif didactique est de décomposer partiellement la tâche proposée aux élèves selon trois espaces d'activité (investigation scientifique, écriture scientifique et débat scientifique) correspondant

---

[13] Par commodité, nous avons utilisé les termes « cyber - équipe de recherche » et « communauté de cyber -chercheurs » pour désigner les deux niveaux de regroupement spécifiques à notre dispositif didactique

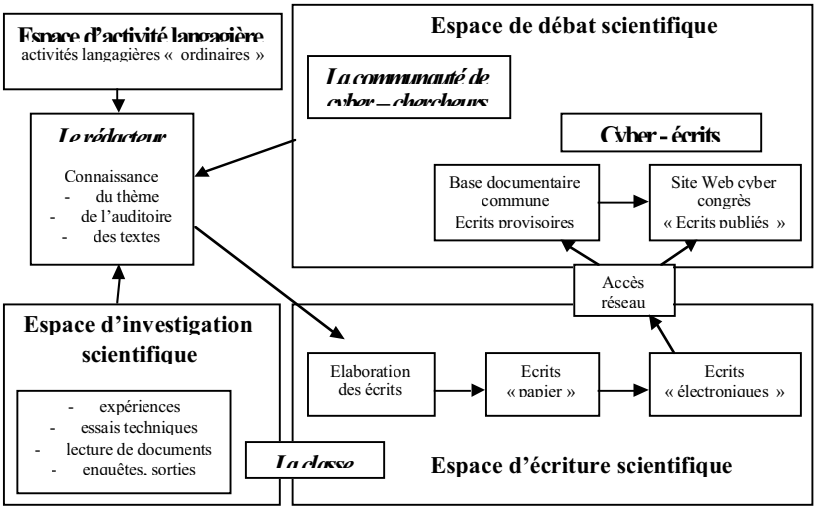
[14] Cinq classes d'école élémentaire (du CE1 au CM2) du département de l'Oise.

[15] Sous terre, sous l'eau, sur l'eau, dans la forêt, dans l'espace, dans le désert et maison nomade.

[16] La communication interne à la classe a été organisée de façon classique (échanges oraux, écrits divers).

[17] Le réseau interne de l'IUFM utilise le collecticiel Lotus Notes permettant la gestion partagée d'écrits.

à trois enjeux complémentaires : chercher, écrire et débattre (document 1). L'espace d'écriture scientifique est celui de la mise en texte proprement dite où se développe le processus rédactionnel. Le contenu du discours est « produit » par les activités scientifiques réalisées en classe (espace d'investigation scientifique) : cet espace peut donc être considéré, sur le plan linguistique, comme un espace de production référentielle[18] contribuant à la connaissance des objets et phénomènes qui font l'objet d'une mise en texte par le rédacteur. C'est par l'intermédiaire de la communication par le réseau (espace de débat scientifique) que se développe l'interaction sociale au sein de la communauté d'élèves (du moins la partie externe à la classe) ; c'est donc par cet espace que se construit la connaissance de l'auditoire[19] qui intervient au titre de contexte social sur la production textuelle.



Document 1 : schéma du contexte didactique de production des cyber – écrits

[18] Plus précisément, les résultats de ces activités sont intégrés par chaque élève au titre de représentation psychologique du monde physique et contribuent (avec les représentations préexistantes) au contenu thématique des discours (Bronckart, 1996).

[19] Le passage de l'espace d'écriture à l'espace de débat entraîne à la fois un changement de modalité d'inscription (papier / électronique) et un changement d'auditoire (classe / communauté de cyber –chercheurs).

Le contexte didactique de production des cyber écrits est donc construit par la mise en correspondance de ces trois espaces d'activités. Bien entendu, la forme linguistique des discours dépend aussi des activités langagières « ordinaires », organisées dans chaque classe dans le cadre de l'apprentissage du Français (espace d'activité langagière) sur les différents types et genres textuels (y compris scientifiques) ; ces activités constituent donc un élément important (externe à notre dispositif didactique) du contexte[20] de production des cyber – écrits. La véritable originalité du dispositif didactique réside dans l'existence d'un espace d'activité inter – classes[21], l'espace de débat scientifique, qui permet d'élargir la communication au delà de la limite habituelle de la classe.

3. Méthodes et outils d'analyse

Notre dispositif de recueil des données, s'est limité aux écrits électroniques déposés sur le réseau[22] ; cependant, il est clair que chacun de ces écrits porte la trace des différents espaces d'activité. Nous avons recherché dans chaque « cyber – écrit » des indicateurs correspondant à chacun des enjeux de la construction scientifique : chercher, écrire et débattre. Nous avons utilisé les indicateurs de discours théorique (Bronckart, 1996) ainsi que d'autres indicateurs[23] spécifiques aux cyber – écrits.

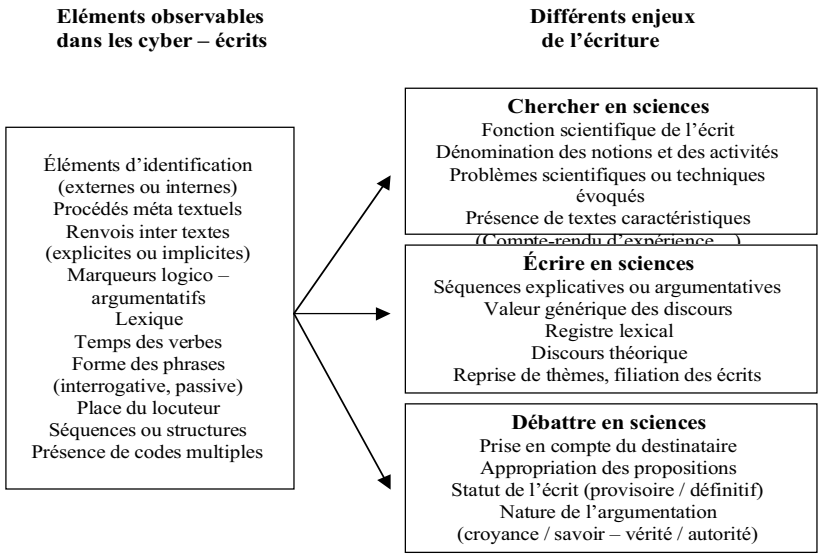
---

[20] Ces activités contribuent à la connaissance chez chaque élève des genres textuels en usage (contexte verbal).

[21] Cet espace d'activité était sous la responsabilité d'une équipe de pilotage « en ligne » alors que les activités en classe étaient organisées sous la responsabilité de chaque enseignant.

[22] Nous n'avons pas observé la mise en texte proprement dite ou les échanges oraux internes à chaque classe

[23] Par exemple, indicateurs « situant » chaque écrit parmi l'ensemble des écrits disponibles dans la base.



Document 2 : grille d'analyse des cyber – écrits

4. Présentation et analyse de quelques écrits

Le texte du document 3 proposé par l'école du Crocq (classe de CE1-CE2) constitue en quelque sorte un « résultat de recherche » soumis à la discussion avec les pairs (utilisation de la catégorie *« à discuter »*[24]). Le texte est découpé en trois phrases que l'on peut interpréter comme des « embryons » de séquences discursives : la première, narrative (*« on a découvert »)* fait référence à l'activité d'investigation menée en classe *(« sur Internet »)* ; la deuxième, explicative, met en avant une relation causale *(« car ils se cognent »).* On peut noter les temps différents dans ces deux séquences (passé composé de l'action racontée et présent de l'explication) ainsi qu'une évolution de la place du locuteur (présence dans la première et absence dans la deuxième). La troisième séquence, prescriptive, constitue une première interprétation des résultats. La « bibliographie de recherche » est donnée sous forme d'un lien hypertexte (adresse du site web utilisé). Bien que ce texte ne puisse pas être considéré comme

[24] Avant de déposer un écrit sur réseau, les élèves devaient écrire un titre, choisir une catégorie parmi une liste prédéfinie ; les autres indications (école, date et heure) étaient inscrites automatiquement par le logiciel.

un texte scientifique, nous pouvons néanmoins considérer qu'il en utilise certains procédés caractéristiques (macrostructures, renvois intertextuels…) qui peuvent être considérés comme autant d'indices de scientificité. Il faut cependant remarquer que la forme textuelle est encore typique d'une écriture de novice avec une énonciation au fur et à mesure de la récupération en mémoire sans planification d'ensemble (Fayol, 1997), comme en témoigne la construction approximative de la causalité dans la deuxième phrase.

sur les tremblements de terre

Créé par : Ecole CROCO le 18/03/99 à 18:12 **Catégorie:** A discuter

On a découvert comment il y avait des tremblements de terre sur internet.
Il y a des plaques sous le sol qui bougent et on a des tremblements de terre car ils se gognent.
Il ne faut pas construire les maisons ou les plaques se rencontrent.
Le suite web sur les plaques http://www.globetrotter.qc.ca/escale/plaques/

Document 3 : exemple de « cyber – écrit » (projet : maison sous terre)

Problème avec les portes **Créé par** : Ecole CROCQ **le** 15/03/99 **à** 11:26 **Catégorie:** A discuter
Comment ouvrir la porte de la maison sans que l'eau entre ?

réponse au problème des portes **Créé par:** Ecole ALLONNE **le** 16/03/99 **à** 14:58
Les trapes au-dessus (à la surface extérieure de l'eau) servent à rentrer sans se mouiller.Les trappes en dessous c'est quand on veut rentrer partout .Une trappe c'est une grosse plaque en fer et quand on ouvre la trappe on arrive dans une cabine qui nous sèche et on remonte par une échelle et on rentre dans la maison .A l'intérieur de la cabine il y a une couche de mousse pour protéger de l'eau. et des tuyaux rejetent l'eau qui aura it pu rentrer dans la cabine
Groupe D'Allonne Renaud, °Pierre, Emmanuel, Maxence

Un dessin **Créé par:** Ecole CROCQ **le** 18/03/99 **à** 15:10
On voudrait un dessin pour comprendre ce que vous avez raconté sur la maison sous l'eau .

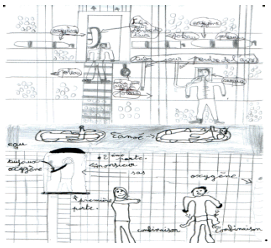
Dessin **Créé par:** Ecole ALLONNE **le** 20/03/99 **à** 09:29
Nous avons commencé un dessin mais ne savons pas ce que vous souhaité...n'hésitez pas à changer et dire ce qui pourrait être amélioré...

REPONSE AU DESSIN **Créé par:** Ecole ALLONNE **le** 23/03/99 **à** 14:03
On a fini le dessin collectif de la maison.Nous nous sommes interrogés sur des expériences qu'on pourrait faire

un dessin pour expliquer
Créé par: Ecole VILLERS VICOMTE **le** 30/03/99 **à** 16:07

Dans une salle, on met la combinaison, on ouvre la première porte, on la referme. On ouvre la porte du haut, l'eau rentre, on sort, on referme la porte. L'eau qui est rentrée est pompée par un grand tuyaux qui la rejette dehors

(dessin fortement rétréci par rapport à l'original)



Document 4 : exemples de « cyber – écrits » (projet : maison sous l'eau)

Dans le document 4, les élèves d'Allonne essaient de répondre à la question de l'accès à la maison sous l'eau, posée par les élèves du Crocq. Le système d'entrée dans la maison sous l'eau est défini topographiquement par *« les trappes »,* puis par *« une cabine »,* sorte d'espace intermédiaire pour entrer dans la maison. Le texte comporte une description des éléments du dispositif *(« c'est une grosse plaque en fer »),* une indication de leur fonction *(« pour protéger de l'eau »)* et une explication du fonctionnement de l'ensemble, sous la forme d'un parcours *(« ...on ouvre...on remonte... »).* Ces informations, uniquement verbales et insuffisamment hiérarchisées ne sont pas comprises par les élèves du Crocq qui réclament des éclaircissements : *« on voudrait un dessin pour comprendre »*. Les élèves d'Allonne avaient probablement une idée assez précise du dispositif mais ils n'ont pas réussi à le donner à voir et à comprendre à leurs collègues chercheurs. Plus que la complexité du dispositif, c'est probablement la difficulté de rendre compte à la fois d'une structure et d'un fonctionnement dans un texte qui a conduit à cette communication infructueuse. En effet, la double dimension informative a conduit les élèves d'Allonne à essayer d'hybrider deux genres textuels difficilement compatibles : un mode d'emploi décrivant un parcours temporel qui implique un acteur fictif pénétrant dans le sas (le « on » qui agit) et une description spatiale impliquant un point de vue extérieur (l'œil qui observe). Cette hybridation conduit à un texte difficilement compréhensible. La demande de dessin formulée par les élèves du Crocq ne sera pas complètement satisfaite par l'école d'Allonne qui travaille en même temps sur un projet d'ensemble de la maison sous l'eau[25] et sur la conception d'expériences. L'école de Villers reprendra à son compte le problème des portes et proposera *« un dessin pour expliquer »* qui reprend les propositions de Allonne sous une forme plus compréhensible. La description spatiale est assurée par le croquis alors que la séquentialité du fonctionnement est représentée par un texte narratif reprenant les différentes étapes du franchissement *(« on ouvre la porte, on la referme.. »)* et mettant en relation les éléments décrits dans le dessin. Même si ce document n'apporte pas d'information réellement nouvelle, un important travail

[25] Texte très détaillé accompagné d'un dessin d'ensemble, déposé sur le réseau peu de temps après.

de reformulation a été opéré pour construire une représentation claire et cohérente de ce dispositif complexe, notamment grâce à l'usage pertinent de la complémentarité entre texte et image. Il est important de remarquer que chacun des acteurs de cet échange a joué un rôle essentiel dans la construction finale : les élèves du Crocq en posant la question de départ et en demandant la réécriture de l'explication ; les élèves d'Allonne en fournissant la solution technique et les élèves de Villers en intégrant les contraintes techniques et discursives dans un même écrit. Même s'il n'y a pas réécriture au sens strict, la reprise et la reformulation des propositions des différents partenaires aboutissent à un résultat cohérent à la fois sur le plan du discours et sur le plan technique.

des questions **Créé par :** Ecole CROCQ **le** 18/03/99 **à** 15:28 **Catégorie:** A discuter
comment on va fabriquer les maisons sur l'eau ?
si c'est une maison en pierre, la maison va couler?
comment on va flotter sur l'eau ?
si il y a une tempête la maison va se retourner?

réponse à vos questions **Créé par:** Ecole ALLONNE **le** 23/03/99 **à** 14:34
Pour construire la maison, on prend une coque et on construit la maison.
La maison va flotter avec la coque .Nous allons faire une experience pour voir s'y elle ne se retourne pas.On va essayer d'inventer cette expérience.
Notre maison on ne la mettrait pas en pierres, il faudrait que l'on décide ensemble en quoi on la construirait...

Une proposition

Créé par : Ecole VILLERS VICOMTE **le** 01/04/99 **à** 17:27

Catégorie: A discuter

MATERIAUX:la coque est en acier, la porte et les fenêtres en vitraux, il faut de la peinture antirouille,

FORME: le tour est carré, le toit est rond pour évacuer l'eau en cas de tempête

EMPLACEMENT; sur une plateforme mais elle est mobile il y a une cabine de pilotage

Si des maisons se rencontrent on obtient un village en collant les plateformes

Document 5 : exemples de « cyber – écrits » (projet : maison sur l'eau)

Le premier texte du document 5 associe trois questions qui sont liées au phénomène de flottaison, bien qu'une seule de ces questions emploie le verbe « flotter ». Ces trois questions sont placées sous une autre question *(« comment on va fabriquer les maisons sur l'eau »)* qui peut comprise comme un titre correspondant à la tâche globale, à

la fois virtuelle et réelle, choisie par la cyber – équipe : concevoir la maison sur l'eau. La question centrale *(« comment on va flotter sur l'eau »)* évoque explicitement le problème de la flottaison sans toutefois le définir précisément. Les deux autres questions prennent une forme hypothético-déductive et mettent en avant deux problèmes particuliers. La première pose, implicitement, la question de la densité : la « pierre » pose un dilemme, étant connue à la fois comme l'archétype du matériau de construction et comme exemple familier d'objet qui coule. L'autre question pose le problème de la stabilité en cas de tempête *(« se retourner »)*. La flottaison n'apparaît pas ici comme une question scientifique générale mais comme un problème particulier lié au projet de la maison sous l'eau. L'école d'Allonne répond par l'objet *« coque »* comme solution globale aux problèmes évoqués par Le Crocq. Le verbe *« construire »* est utilisé de préférence à *« fabriquer »* et la construction de la maison sur l'eau est présentée comme celle d'une maison sur une coque. Le problème de la flottaison semble évacué par l'objet coque *(« la maison va flotter »)*. En revanche, la question du retournement fait encore apparaître un doute *(« ...une expérience pour voir si elle ne se retourne pas »)*. La pierre semble définitivement jugée incompatible avec l'idée d'une maison flottante, sans pour autant fournir d'argumentation. Remarquons que *« en pierre »* de la question est devenue *« en pierres »* dans la réponse indiquant peut être le passage du matériau à l'objet. Le dernier document donne une vision globale d'un projet architectural possible pour la maison sur l'eau. La description iconique d'ensemble est complétée par un texte en forme de liste indiquant les différents aspects pris en compte *(« matériaux », « forme », « emplacement »)*. Le terme *« coque »* ne semble pas utilisé dans le même sens que précédemment. En effet, le maintien de la maison sur l'eau est assuré par une liaison avec le sol. La coque n'est pas ici un dispositif de flottaison mais une enveloppe extérieure (« en acier ») qui a plutôt une fonction protectrice. Ce sont donc deux conceptions antagonistes de la maison sur l'eau qui s'opposent dans ces échanges : celle d'une maison flottant librement à la surface de l'eau et celle d'une maison fixée au fond de l'océan. La proposition des élèves de Villers semble plus proche de la deuxième conception même si l'adjonction d'une hélice permet d'envisager un déplacement (*« mais elle est mobile »)*.

Les trois exemples d'écrits que nous avons présentés montrent la complexité des relations entre construction langagière et construction scientifique ou technique. Le premier exemple, un peu à l'image d'un article scientifique est le résultat conjoint d'une construction langagière relativement achevée (respect de certaines règles formelles) et d'une construction scientifique présentable (annonce de résultats objectifs). Les textes du deuxième document montrent une évolution langagière significative sur un contenu technique sensiblement stable. Les textes du troisième document, révèlent au contraire de fortes oppositions sur les aspects scientifiques et techniques, oppositions qui se cristallisent autour d'un certain nombre de termes « obstacles » (pierre, flotter, coque) et qui ne disparaissent pas dans le texte final.

Conclusion

L'étude de l'ensemble des écrits[26] a révélé l'usage de certains procédés de l'écriture scientifique (organisateurs logico argumentatifs, procédés de renvois intra ou inter textuel, macrostructures….) même si aucun texte pris isolément ne peut être considéré comme un véritable texte scientifique. L'usage d'Internet a offert deux fonctionnalités complémentaires[27] : le transfert de messages entre les écoles et la gestion de l'ensemble des documents électroniques. L'utilisation d'une base documentaire commune, pouvant être consultée et modifiée en permanence, a simplifié la mise en place de relations impliquant des éléments écrits divers (textes de différents auteurs, séquences ou phrases d'une même texte, images..). Les possibilités spécifiques à l'outil informatique ont joué aussi un rôle facilitant : simplicité des procédures de reprise et de modification d'un écrit, possibilité d'usage de codes multiples dans un même document. Les conditions offertes aux cyber - chercheurs ont ainsi permis de donner un caractère fonctionnel aux écrits utilisés dans la construction

[26] Une analyse d'autres écrits a été publiée par ailleurs (Bisault & al., 2000).

[27] Ces deux fonctionnalités sont généralement différenciées au niveau de la comunication entre scientifiques (e-mails et bases de données) relevant de deux registres de communication distincts : communication informelle et communication formelle (De La Vega, 2000).

des savoirs même pour des élèves qui maîtrisent peu le genre « écrit scientifique ».

La mise en réseau des élèves a fait fonctionner le débat au delà de la classe et a abouti à une élaboration coopérative des discours et des connaissances. Cependant, les connaissances qui ont été construites sont liées au contexte spécifique de la situation et font souvent appel à plusieurs champs disciplinaires qui ne sont pas encore clairement séparés. On ne peut donc pas parler de connaissances scientifiques au sens strict[28]. De plus, il est difficile d'évaluer ce qui est réellement appris par chaque élève au travers de ces écrits impliquant généralement plusieurs auteurs[29]. Néanmoins, il apparaît assez clairement, au travers des écrits analysés, que la création d'un auditoire réel pour les activités langagières a donné un enjeu véritable à l'écriture et a encouragé les attitudes méta discursives ou méta cognitives (Bisault & al., 2000).

Bien entendu, la transposition de l'activité sociale des chercheurs reste limitée : la pratique des élèves est très éloignée de la pratique des chercheurs scientifiques et l'ensemble des cyber chercheurs ne constitue pas une communauté scientifique, même en réduction. En effet, la communauté scientifique construit son propre savoir, possède ses règles sociales et est détentrice d'une culture, alors que l'activité des cyber chercheurs est régie avant tout par des règles, par une culture et par des savoirs qui sont ceux de l'école. La « communauté de cyber chercheurs » est donc essentiellement une communauté discursive particulière dans le cadre d'un projet scolaire en sciences. De ce point de vue, l'intérêt principal du dispositif que nous avons mis en place est de faire écrire plus (et sans doute mieux) que dans des pratiques « classiques »[30]. Les résultats de notre étude sont encore très partiels faute d'outils d'analyse suffisamment précis et en raison du

---

[28] Gérard Fourez parle dans ce cas « d'îlots interdisciplinaires de rationalité » (Fourez, 1993).

[29] En règle générale, des discussions orales et/ou des brouillons ont précédé la production de ces cyber – écrits qui sont donc des écrits seconds.

[30] La maîtrise de la langue à l'école (1992). Ministère de l'éducation nationale, CNDP.

dispositif de recueil limité à l'écriture électronique. Nous poursuivons actuellement des investigations dans le cadre d'une nouvelle recherche[31] avec de nouveaux outils théoriques et une observation plus fine des activités langagières[32].

REFERENCES

ASTOLFI, J.P., PETERFALVI, B., et VERIN, A. (1991). *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales.* Paris : INRP.

BEAUFILS, D. & LARCHER, C. (1999). L'expérimental dans la classe. *Aster, 28,* p. 3-8.

BISAULT, J. (1998). Enseignement scientifique à l'école élémentaire et pratiques sociales de référence : former des maîtres directeurs de recherche. A*ctes JIES XX*, p237-242, Chamonix.

BISAULT, J. (1999). Communiquer en sciences et technologie à l'école : des élèves jeunes chercheurs. *Actes des 1ères rencontres de l'ARDIST*, p. 21-26, Paris.

BISAULT, J., REBIFFE C., LAVARDE, A. et FONTAINE, V. (2000). Communiquer en sciences à l'école : des élèves cyber - chercheurs. *Aster,* 31. Paris : INRP.

BRONCKART, J.P. (1996). *Activité langagière, textes et discours : pour un interactionisme socio-discursif.* Lausanne – Paris : Delachaux et Niestlé.

DE LA VEGA, J.F. (2000). *La communication scientifique à l'épreuve de l'Internet.* Villeurbanne : presses de l'enssib.

DUCANCEL, G. (1995). Apprentissages langagiers, apprentissages scientifiques : problématiques didactiques. *Repères, 12,* p. 5-20.

DUCANCEL, G. (1995). Pratiques de communication et formateurs de maîtres. *Repères, 12,* p. 53-77.

FAYOL, M. (1997). *Des idées au texte, psychologie cognitive de la production verbale orale et écrite.* PUF.

---

[31] Recherche associative INRP-IUFM (2000 – 2003) « l'argumentation dans la classe » coordonnée par J. Colomb.

[32] Recueil des dialogues oraux et des écrits intermédiaires qui conduisent aux écrits électroniques.

FOUREZ, G., MATHY, P., ENGLEBERT-LECOMTE, V. (1993). Un modèle pour un travail interdisciplinaire. *Aster, 17,* p.119-142.
FOUREZ, G. (1999). Enseigner les démarches scientifiques, *Probio-revue*, n°1, p. 3-15.
GARCIA-DEBANC, C. (1995). Interaction et construction des apprentissages dans le cadre d'une démarche scientifique. *Repères, 12,* p. 79-103.
HAYES, J.R. & FLOWER L.S. (1980). Identifying the organisation of writing processes. In : L. Gregg & E.R. Steinberg (eds). *Cognitive processes in writing*. Hillsdale : Erlbaum.
LATOUR, B. & WOOLGAR, S. (1988). *La vie de laboratoire*. Paris : Ed. La découverte.
MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière.* Berne : Peter Lang.
MARTINAND, J.-L ; (2000). Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire. In A., Terrisse (éd.). *Didactique des disciplines, les références au savoir.* Bruxelles : De Boeck.
SUTTON, C (1995). Questions sur l'écriture en sciences : une vue personnelle d'outre manche. Repères, 12, *p. 37-52.*
VERIN, A. (1995). Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences. *Repères*, *12*, p. 21-36.
VERIN, A. (1998). Enseigner de façon constructiviste, est-ce faisable ?. *Aster*, *26*, p. 133-163.

CONCEPTION ET EXPERIMENTATION D'UN MODULE D'AUTOFORMATION TUTOREE EN FRANÇAIS SUR DES CONTENUS SCIENTIFIQUES. CAS DE LA PHYSIQUE.

Nadia Benjelloun
Younès Benjelloun

Groupe de Didactique de la Physique
Département de Physique
Faculté des Sciences Dhar Mehraz
B.P. 1796 - Atlas
Fès - MAROC
Tel et Fax : 00 212 55 73 33 49
e- mail : benjelloun.nadia@caramail.com

Introduction

Au Maroc, la langue des enseignements scientifiques au supérieur est le français. L'enseignement des matières scientifiques au secondaire se faisait en français jusqu' en 1983 où il a connu un tournant à l'issue d'une nouvelle réforme. Celle-ci a consisté en l'arabisation de ces enseignements. L'enseignement de la langue française a été toutefois maintenu au secondaire comme deuxième langue. Ainsi, les facultés des sciences ont commencé à accueillir les bacheliers "arabisés" depuis la rentrée universitaire 1990/91. Les difficultés liées à la composante linguistique faisaient désormais partie prenante des problèmes relatifs à la transition secondaire supérieur .
Face à cette problématique, des groupes d'enseignants du supérieur ont pris l'initiative de rédiger des polycopiés, de traduire certains lexiques, pour différentes matières scientifiques en utilisant un français très simple pour pallier les handicaps linguistiques des nouveaux étudiants. Malgré tous ces efforts, les étudiants scientifiques sont

encore confrontés aux difficultés d'un enseignement dispensé en français.
En 1996/97, dans le cadre d'un programme de coopération géré par l'ambassade de France au Maroc, les équipes de didactique des différentes disciplines de notre faculté (Faculté des Sciences Dhar El Mehraz – Fès) se sont proposées d'élaborer un module d'autoformation en français sur la base de contenus scientifiques. Ce projet[33] fait intervenir non seulement des spécialistes des disciplines scientifiques mais aussi des linguistes.

1. Etat des lieux de l'expression orale et écrite en français des étudiants

Avant de procéder à l'élaboration du module, nous avons tout d'abord réalisé deux questionnaires dont un est destiné aux enseignants et l'autre aux étudiants[1]. Ces questionnaires ont pour objectifs de préciser l'état des lieux de la compréhension et de la production en français des étudiants. Les tableaux 1, 2 et 3 résument les résultats obtenus.

Questionnaire destiné aux enseignants:

Trente enseignants ont répondu à ce questionnaire. L'ensemble de leurs opinions est récapitulé dans les tableaux 1 et 2.

Compréhension	Ecrit	Oral
Sans difficultés	18%	10%
Avec difficultés	61%	61%
N'arrivent pas	21%	29%

Tableau 1 : Opinions des enseignants sur la compréhension des étudiants à l'écrit et à l'oral.

[33] Ce projet a été réalisé dans le cadre des programmes de coopération franco-marocaine 97S20/1 et 00S22/fès.

Production	Ecrit	Oral
Sans difficultés	32%	23%
Avec difficultés	68%	74%
N'arrivent pas	0%	3%

Tableau 2 : Opinions des enseignants sur la production des étudiants à l'écrit et à l'oral.

Questionnaire destiné aux étudiants :

260 étudiants en 4ème année, de mathématiques, physique, chimie et biologie, ont répondu à ce questionnaire.

Compréhension	Texte écrit	Réception de l'oral	Prise de notes
Sans difficultés	9%	7%	25%
Avec difficultés	38%	30%	66%
N'arrivent pas	53%	63%	9%

Tableau 3 : Résultats des déclarations des étudiants sur leurs capacités à l'écrit et à l'oral.

D'après les opinions des enseignants et les déclarations des étudiants, résumées dans les tableaux ci- dessus, on voit que les difficultés linguistiques aussi bien pour la réception de l'oral (lors des cours magistraux) que pour la production écrite (prise de notes durant les enseignements cours, TD, et comptes rendus des travaux pratiques) contribuent de manière significative à une mauvaise assimilation des enseignements. Il s'est avéré donc nécessaire de penser à remédier à cet obstacle.

Par ailleurs, afin de compléter l'identification des besoins, nous avons invité trente étudiants à passer un test écrit et oral similaire aux épreuves du DALF[34] (Diplôme d'Aptitude en Langue Française). Les résultats de ce test montrent qu'outre les difficultés liées à l'expression

[34] Les étudiants marocains qui désirent poursuivre des études supérieures en France doivent avoir le DALF.

orale, l'essentiel des difficultés d'expression écrite des étudiants se situent autour de : la synthèse de documents, la cohésion et la progression d'un texte, les articulateurs cause- conséquence, l'expression du temps… Le contenu du module à élaborer devait donc s'appuyer sur ces résultats.

2. Présentation générale du module d'autoformation en Techniques d'Expression et de Communication (TEC)

Le but du module TEC proposé [2-3] est d'améliorer l'expression écrite et orale des étudiants en français en se basant sur des contenus scientifiques spécifiques relatifs aux disciplines (mathématiques, physique, chimie ou biologie). Les contenus scientifiques constituent les supports à partir desquels on dégage les outils linguistiques nécessaires qui seront l'objet de l'étude en question. Ces supports sont soit des textes extraits à partir d'ouvrages spécialisés de la discipline en question, soit élaborés par l'équipe de la discipline scientifique. Dans tous les cas, le choix ou la réalisation des contenus scientifiques de base sont faits en concertation avec des linguistes.

Dans le cadre de cette communication nous présentons l'application du module TEC au cas de la physique. Le tableau 4 en résume le descriptif. Ce module est composé de neuf séries, sous forme de fascicules, les thématiques des séries sont en rapport avec les difficultés linguistiques relevées chez les étudiants. Chacune des séries est structurée de la manière suivante : Tout d'abord, on présente les objectifs envisagés par le thème de la série, chaque partie est ensuite introduite par un texte d'observation qui est suivi soit par une description des articulateurs, si ceux-ci font l'objet de l'étude, soit du schéma de raisonnement si le thème de la série porte sur les raisonnements… Des exercices sont ensuite proposés aux étudiants après chaque partie. La dernière activité proposée est une production écrite. La correction des exercices est jointe à la fin de chaque série.

Le module TEC ne fait pas partie des enseignements obligatoires ou optionnels : c'est la raison pour laquelle nous avons pensé à l'autoformation. Par ailleurs, vu les effectifs importants des premiers cycles de chacune des disciplines, nous avons choisi dans un premier temps d'élaborer ce module pour les étudiants des quatrièmes années (maîtrise). D'une part, l'autoformation et le tutorat proposés aux

étudiants sont plus facilement réalisables avec des effectifs réduits. D'autre part, les étudiants de maîtrise sont appelés à rédiger un mémoire, à l'exposer oralement et à écrire un C.V. au plus tard pour l'année suivante. Ceci soit pour poursuivre des études de troisième cycle, soit pour intégrer une école d'ingénieur ou bien chercher un emploi directement.

SERIE	**OBJECTF**	**PRODUCTION ECRITE**
SERIE I : L'expression du temps	Situer dans le temps : marqueurs temporels, morphologie et valeurs des temps verbaux	Exposé d'un déroulement dans le temps (événement, historique, expérience)
SERIE II : Quantification, Description, Définition	Exprimer une quantité, comparer, décrire, localiser, définir	Description et définition
RASSEMBLEMENT I :	La prise de notes	
SERIE III : La cohésion textuelle, l'objectivité	L'unité textuelle : la nominalisation et les anaphores conceptuelles, objectiver : le passif et les tournures impersonnelles	La mise en texte (à partir de notes)
SERIE IV : Les articulateurs logiques : cause, conséquence, but	Exprimer des relations logiques à l'aide de marqueurs de cause, conséquence, but	Stratégies de lecture, fiche de lecture. Cohérence (1) : le plan articulé
RASSEMBLEMENT II :	La prise de paroles en public	
SERIE V : Les articulateurs de condition et hypothèse	Exprimer des relations logiques à l'aide de marqueurs de condition et d'hypothèse	Cohérence(2) : résumer un texte (à partir du plan articulé)
SERIE VI : Les raisonnements scientifiques : analogie et déduction	Conduire une démonstration scientifique par analogie et par déduction	La synthèse de documents(1) : rédaction
RASSEMBLEMENT III :	La démonstration orale	
SERIE VII : Les raisonnements scientifiques : Hypothèse et induction	Conduire une démonstration scientifique par hypothèse et par induction	La synthèse de documents(2) : rédaction
SERIE VIII : Les mots de la science	Les termes du discours scientifique et le lexique spécialisé.	Ecrire un rapport, un mémoire
RASSEMBLEMENT IV :	Le débat	
SERIE IX : Le dossier de candidature	Se préparer à la vie professionnelle	Le CV et la lettre de motivation
RASSEMBLEMENT V :	L'entretien d'embauche	

Tableau 4 : Descriptif du module Techniques d'Expression et de Communication (TEC)

2.1 Types de tâches proposées et analyse a priori

Pour donner un aperçu des tâches proposées dans ce module, nous en présentons ci-dessous quelques exemples, qui rappelons-le sont conçues à partir de supports de physique :

- des textes lacunaires, relevant des thématiques des séries, où il est demandé aux étudiants de procéder à un choix d'un contenu approprié parmi plusieurs propositions comprenant des intrus.
- des phrases d'un paragraphe qu'il faut relier entre elles et ordonner afin d'obtenir un texte cohérent. Ceci pour mettre en application les différentes manières de reprise relatives à la cohésion textuelle (lexique spécialisé de physique, termes génériques, nominalisation, …)
- des schémas de raisonnements de textes à établir, (raisonnements : par induction, par déduction, par analogie, par hypothèse)
- des synthèses de documents de physique. Cette tâche comprend deux étapes : une première étape où chaque document doit être analysé de manière verticale et ensuite l'ensemble des documents est analysé de manière horizontale afin de faire une confrontation des contenus des documents. La deuxième étape consiste à rédiger la synthèse des documents à partir des notes de l'analyse horizontale.

Le but de ces activités est de permettre aux étudiants de s'exercer aux outils linguistiques et méthodes d'analyse qui font l'objet de chaque série. Ces activités sont également une occasion pour les étudiants pour apprendre la physique. En effet, la compréhension et la maîtrise de la langue (en l'occurrence le français) avec laquelle sont dispensés les enseignements, contribuent à la compréhension des concepts de la physique mis en jeu. Nous en donnerons d'ailleurs un exemple dans le paragraphe suivant.

2.2 Extrait du module d'autoformation illustrant le traitement de la cohésion textuelle

Afin de donner une idée sur le contenu des séries, nous présentons à titre d'exemple un texte, proposé en observation, de la série III , concernant le lexique (relatif à l'anaphore par nominalisation et termes génériques) :

[Série III - Le LEXIQUE (relatif à la cohésion textuelle, l'objectivité (voir tableau 4))
Lisez et observez :

Détecteurs thermiques

Les détecteurs thermiques transforment en chaleur l'énergie lumineuse observée, ce qui élève leur température. En raison de la nature de **cette transformation**, ils absorbent pratiquement tout le rayonnement reçu, quelle que soit la longueur d'onde entre, 0,2µm(UV) et 10µm.

Un exemple caractéristique est la thermopile dont **l'élévation** de température est mesurée par effet seebeck. (Cf."thermodynamique"). **Cet effet** consiste en l'apparition d'une force électromotrice entre deux points de soudure A et B de deux fils de métaux différents M_1 et M_2, lorsque **ces points** sont portés à des températures différentes ; on réalise
ainsi un thermocouple. La linéarité de **ce détecteur** est bonne, cependant le temps de réponse est très grand(~1s).
Un autre exemple est le bolomètre : lorsqu'on expose à un rayonnement lumineux un matériau semiconducteur au germanium, on provoque une agitation thermique des électrons donc une modification de sa résistivité. La mesure de **cette variation** permet d'évaluer le rayonnement reçu.
Comme **ces détecteurs** ne présentent aucune sélectivité spectrale, on les utilise pour connaître la réponse spectrale des autre détecteurs.

> *Référence : Optique géométrique, ondulation et polarisation. J.Ph. PEREZ. Ed. Masson (1991)*

Nous avons mis en évidence les mots lexicaux qui reprennent les informations déjà énoncées. Ils sont souvent précédés d'un adjectif démonstratif mais peuvent être annoncés aussi par des articles définis. Examinons chacun des termes de reprise :

- Transformation : reprend l'information donnée par le verbe "transforment". Le passage du verbe "transformer" à transformation est une nominalisation.
- Elévation : même procédé pour "élévation" qui reprend "élève".
- Effet : est une simple répétition de "effet Seebeck".
- Points : reprend "deux points de structure A et B".
- Détecteur : remplace "thermopile"

- Variation : remplace "modification de résistivité". Il a un sens plus large.
- Détecteurs : remplacent les deux exemples cités précédemment : thermopile et bolomètre.

Les deux procédés les plus employés dans la substitution sont la nominalisation et les termes génériques.]

Le texte présenté ci-dessus (Détecteurs thermiques) est intégralement celui de l'ouvrage indiqué en référence, et n'a subi aucune modification. En analysant les reprises par anaphore et nominalisation utilisées dans ce texte, on s'aperçoit de manière évidente que ces procédés linguistiques introduisent du sens et contribuent implicitement à la compréhension de la physique en question. Ainsi, les termes :

- *transformation ; élévation* : traduisent l'absorption d'un rayonnement qui produit l'élévation de température : ces termes sont liés au concept d'énergie.
- *Effet ; points* : termes utilisés dans le texte pour traiter de la mesure de l'élévation de la température (qui met en œuvre l'effet seebeck).
- *Détecteur* : terme générique d'un type d'appareil qui donne sa fonction (thermopile, bolomètre).
- *Variation* : variation d'une grandeur physique, terme introduit dans le texte pour traiter de la mesure de l'élévation de température.

2.3 Expérimentation du module

Les séries sont données par deux aux étudiants, ces derniers disposent d'un mois pour les travailler. Durant ce mois, les enseignants linguistes assurent quatre heures de permanence par semaine où les étudiants peuvent les rencontrer pour leur demander des explications supplémentaires. Après l'étude de deux séries, un rassemblement entre étudiants, enseignants linguistes et physiciens est organisé.

L'objectif des rassemblements est en premier lieu de permettre aux étudiants de travailler l'expression orale et également de leur fournir quelques techniques d'expression et de communication. Chaque rassemblement dure deux heures, la première demi-heure est

consacrée à la discussion autour des difficultés auxquelles les étudiants se sont heurtées lors du travail des séries distribuées, la deuxième partie du rassemblement porte sur l'expression orale autour d'un thème préparé au préalable par les enseignants (radioactivité, énergie nucléaire, énergies renouvelables, environnement, nouvelles technologies, …).
Pour évaluer l'apport du module sur l'expression écrite des étudiants, nous recueillions leurs productions écrites.
Nous avons expérimenté partiellement ce module au fur et à mesure de l'élaboration des séries. Actuellement, le travail d'élaboration est terminé et nous expérimentons de manière globale le module. Nous avons reçu une très forte demande de la part des étudiants volontaires pour suivre cette formation; cependant, pour les raisons liées à des difficultés de gestion évoquées lors de la présentation, nous avons inscrit vingt étudiants en maîtrise de Physique. Ces étudiants se sont engagés à suivre l'autoformation et à être assidus aux rassemblements.

Conclusion et perspectives

Le module de Techniques d'Expression et de Communication élaboré constitue un outil pédagogique important pour l'amélioration des expressions écrites et orales en français des étudiants en maîtrise de Physique. Ce module va non seulement développer la compréhension du français mais aussi celle de la physique. En fait, il n'est pas possible de dissocier les aspects de compréhension et de maîtrise d'une langue de la compréhension des concepts en jeu.
A travers l'expérimentation globale de ce module, nous avons constaté l'intérêt que porte les étudiants à cette formation et ceci notamment par leur présence aux rassemblements, leurs remarques concernant les contenus des séries et également leurs suggestions (introduire les T.E.C. à partir de la première année, souhait d'institutionnaliser le module,...).Par ailleurs, nous avons aussi relevé, déjà à partir du troisième rassemblement, une nette amélioration de l'expression orale des étudiants.
Nous projetons comme étape ultérieure à ce travail d'étendre le principe du module T.E.C à la licence puis au premier cycle universitaire.

REFERENCES

[1] : A. IRAQI, M. RAFIQ, et M. OUDRHIRI HASSANI (
Laboratoire de Didactique et de la pédagogie pour l'enseignement de la Chimie - Fès)
"La transition secondaire supérieure et la langue d'enseignement dans les facultés des sciences". Actes du colloque "2èmes Journées Internationales de Didactique des Sciences de Marrakech, 28-30 octobre 1998, p: 44 - 48.
[2] : M. ZAKI (Groupe de Recherche en Didactique des Mathématiques - Fès)
"Conception d'un module d'expression mathématique en français pour des étudiants marocains". Actes du colloque : Enseignement des Mathématiques 2000 (EM2000) coordonné par P. Julien, du 15 au 17 juillet 2000, Grenoble- France.
[3] : Y. BENJELLOUN, N. BENJELLOUN (Groupe de Didactique de la Physique - Fès)
"Contribution à l'élaboration d'un module de Techniques d'Expression et de Communication en français scientifique". Actes du colloque : Enseignement et Recherche en Didactique des Sciences (ERDS 2000), Fès du 22 au 24 novembre 2000.

DES OUTILS AU SERVICE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

UTILISATION D'UN MODELE MATERIALISE INFORMATIQUE EN CLASSE REELLE

Christian Buty

UMR GRIC (équipe COAST) CNRS-Université Lyon II
5 avenue Pierre Mendès-France
69676 BRON Cedex 11
Tel : 04 78 77 31 20 Fax : 04 78 77 44 09
Email : Christian.Buty@univ-lyon2.fr

L'usage de plus en plus répandu des ordinateurs en classe de physique s'oriente la plupart du temps vers l'acquisition et le traitement de données numériques, ou depuis peu vers la connexion à Internet dans des buts de recherche documentaire. L'usage en terme de modélisation ou de simulation demeure minoritaire. Il peut pourtant, à mon sens, apporter une aide puissante à la compréhension de l'essentiel de la physique par les étudiants.
Cette communication a pour objectifs de proposer une base théorique élémentaire pour l'étude didactique de ces systèmes informatisés de modélisation ou de simulation, et d'étudier comment des élèves, observés au cours du déroulement d'une classe réelle, se sont servis de cet outil qu'on mettait à leur disposition.

1. Le cadre théorique des "deux mondes"

Depuis l'article princeps de Tiberghien (1994), une bonne partie de l'activité de l'équipe COAST a consisté à construire un cadre théorique (que l'on appellera "des deux mondes", ou "des niveaux de savoir") qui donne des outils d'analyse à la fois du fonctionnement de la physique (le contenu des séquences d'enseignement entre autres) et de l'activité, notamment langagière, des élèves quand ils font de la physique.
Ce cadre théorique consiste à classer les connaissances ou les productions langagières des acteurs en deux catégories : celles qui

réfèrent au monde des théories et des modèles, celles qui réfèrent au monde des objets et des événements. En ce qui concerne les élèves, le terme "théorie-modèle" ne se réduit évidemment pas à des connaissances compatibles avec les théories de la physique. Le cadre théorique des deux mondes considère en effet que les élèves fonctionnent en utilisant des éléments de nature théorique, c'est-à-dire possédant une certaine généralité et un pouvoir explicatif, issus de la vie quotidienne du sujet. Les conceptions classiquement répertoriées par la didactique de la physique font partie de ces éléments "théoriques".
L'essentiel de la physique, selon ce cadre théorique, réside dans la mise en relation des deux mondes que permettent les concepts élaborés au fil du temps et dans une procédure de débat collectif par la communauté des physiciens. Et c'est aussi cette mise en relation qui pose le problème essentiel de l'apprentissage de la physique pour les élèves : de nombreuses études ont montré que les élèves pouvaient manipuler des formules traduisant des relations entre grandeurs physiques du modèle sans leur donner aucun sens pratique, ou au contraire qu'ils pouvaient mener à bien des manipulations en séance de Travaux Pratiques sans jamais traduire ce qu'ils faisaient en terme de théorie physique ; c'est une critique classique adressée aux activités de Travaux Pratiques (Lunetta, 1997).

2. Un modèle matérialisé informatisé

Dans cette perspective, une aide qu'on peut apporter aux élèves pour qu'ils établissent la relation entre les deux mondes qui constitue le sens des concepts de physique est de leur fournir un intermédiaire, qu'on peut appeler "*modèle matérialisé*", qui soit à la fois :

- une représentation du modèle de la physique, conforme aux lois de la physique qu'on souhaite voir acquérir,
- *matérialisée* au sens où les élèves peuvent agir sur elle.

Notons un effet secondaire (au sens chronologique) mais important de cet usage d'un modèle matérialisé : on peut faire l'hypothèse que les élèves ont plus de chance de devenir conscients du statut de modèle de cette représentation parce qu'elle est incarnée dans une réalité tangible, parce qu'elle cesse de n'exister que dans leur esprit.

La double nature du modèle matérialisé peut se représenter par le schéma de la figure 2 ci-dessous.

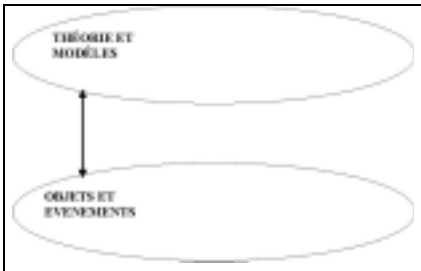


Figure 1 :
les deux mondes

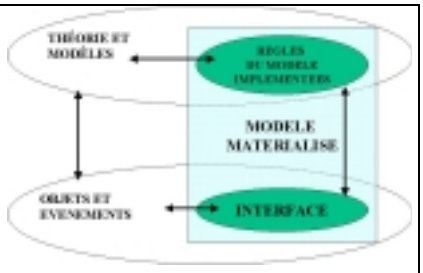


Figure 2 :
l'intervention d'un modèle matérialisé

Dans le cas de l'optique géométrique, le logiciel Cabri-géomètre est tout indiqué pour construire un tel modèle matérialisé, pour plusieurs raisons :

- Ce logiciel appartient à la catégorie des micro-mondes ; il est donc susceptible a priori d'offrir une grande liberté de création à ses utilisateurs, en particulier aux élèves.
- Il a déjà été étudié en didactique des mathématiques comme constituant potentiel d'un milieu didactique (par exemple Laborde & Capponi, 1994).
- On connaît des constructions géométriques traduisant les lois physiques de l'optique géométrique, en particulier la construction de Snell qui traduit la loi de la réfraction.

Le modèle matérialisé que nous avons utilisé est donc un modèle informatisé. Il se situe dans la catégorie des logiciels de modélisation/simulation qui me préoccupe dans cette communication. Sa double nature conduit à une double problématique :

- Le modèle matérialisé tel qu'il a été mis en œuvre a-t-il facilité effectivement la mise en relation des deux mondes par les élèves ? La communication sera consacrée à cette partie des résultats.

- Quel rôle ce modèle matérialisé, et les situations qui ont été mises en place autour de lui, a-t-il joué dans l'apprentissage réalisé ? La réponse à cette question ne sera pas développée ici, on pourra se reporter à une autre référence (Buty, 2000, pp. 139-171).

2.1 La mise en œuvre de ce modèle matérialisé dans une séquence en classe réelle

Répondre à ces questions a nécessité de construire une séquence d'enseignement :

- qui donne la priorité aux phénomènes de modélisation ;
- qui offre aux élèves la ressource d'un modèle matérialisé informatisé.

Puis ont été observés les effets de cette séquence sur l'apprentissage réalisé.

La séquence d'enseignement, correspondant au programme de Terminale, spécialité Sciences Physiques, est structurée en quinze situations ; chaque situation comporte l'utilisation d'au moins un fichier Cabri-géomètre, le plus souvent modélisant un dispositif expérimental sur lequel travaillent les élèves. Les élèves sont groupés par paires, l'enseignement se donne en cours-TP.

Deux élèves, Adeline et Emmanuel, ont été observés tout au long de la séquence. Toutes leurs verbalisations ont été enregistrées, et leurs gestes ont été filmés, dans les manipulations de l'ordinateur comme du dispositif expérimental. Treize heures d'enregistrements ont été ainsi collectées.

2.2 Description semi-quantitative de l'activité de modélisation des élèves

Ces données ont été traités par une double méthode d'analyse. D'une part une méthode de codage rapide mise au point dans la cadre du projet européen Labwork in Science Education (Niedderer & al., 1998) a fourni une description semi-quantitative de l'activité verbale de modélisation des élèves. D'autre part, un découpage fin du corpus a permis une analyse qualitative de l'évolution des conceptions d'un des deux élèves, Emmanuel.

Sans détailler ici la méthode semi-quantitative, on peut énumérer ses résultats essentiels, qui portent sur une comparaison des instants où l'élève utilise le matériel expérimental et de ceux où il utilise l'ordinateur :

- L'usage du modèle matérialisé enrichit les productions verbales des élèves par rapport aux activités expérimentales.
- Le modèle matérialisé favorise l'expression des concepts de la physique, mais ne favorise pas particulièrement la mise en relation avec le monde des objets et des événements.
- Les activités prédictives favorisent la variété des productions verbales, en particulier des relations entre les deux mondes, même au cours des phases de manipulations expérimentales.

2.3 Explicitation par une analyse qualitative

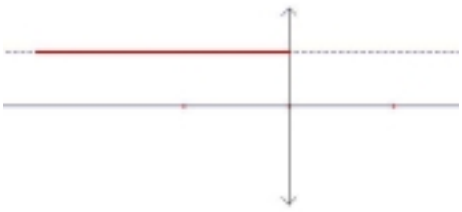
Cette analyse qualitative produit des résultats d'une grande richesse, ce que montrent les exemples ci-dessous.

Le statut que les élèves donnent au modèle informatisé

Dans l'ensemble, les élèves ont certainement formellement compris que ce qu'ils manipulaient sur l'ordinateur était un modèle des expériences qu'ils menaient sur leur table. Leurs réactions le prouvent, aussi bien en ce qui concerne les relations avec le monde des théories physiques que celles avec le champ expérimental, qui seront examinées par la suite. Pour autant, ils ne sont pas exempts d'illusions sur les possibilités d'un tel outil. En voici un exemple assez net.

Dans la situation 6 (image d'un point), après avoir tracé (conformément aux lois physiques) les droites supports géométriques des rayons incidents sur et émergents de la lentille, les élèves doivent cacher les droites et faire apparaître les rayons correspondants. Quand Adeline cache la droite support du rayon incident parallèle à l'axe (voir figure 3 ci-dessous), elle se plaint que toute la droite disparaisse, y compris la partie qu'elle considère comme pertinente pour le rayon, c'est-à-dire qui s'étend du point source à la lentille (int. 6/506-508) ; elle est soulagée (int. 6/516) quand l'observateur indique qu'il faut rajouter quelque chose (le segment correspondant). On détecte ici la croyance selon laquelle le logiciel peut créer des objets pertinents du point de vue de la modélisation, alors qu'en réalité il ne prend en

charge que la géométrie sous-jacente à l'optique géométrique et non la modélisation proprement dite.



int. 6/506 : [*Adeline*] tu vois ça enlève tout
int. 6/508 : [*Adeline*] moi je veux pas que ça enlève tout moi j'enlève que jusque là [*elle montre la lentille*]
int. 6/515 : [*observateur à toute la classe*] donc il faut que je rajoute quelque chose / faut que je rajoute un segment entre le point source et la lentille
int. 6/516 : [*Adeline*] ah c'est ça

Figure 3 : le jeu "montrer/cacher" dans le modèle matérialisé

Les relations entre le modèle informatisé et le monde théorique

J'ai relevé dans l'activité des élèves trois catégories d'aides que peut apporter le modèle matérialisé pour l'exploration du modèle physique :

- L'éclaircissement de quels sont les objets pertinents du modèle ; cela vient de la nécessité où se trouve l'élève de produire une interprétation des éléments qu'il voit sur l'écran s'il veut utiliser le modèle matérialisé.
- La mise à jour des relations fonctionnelles entre certains de ces éléments ; cela est autorisé par la variation continue des caractéristiques des objets présents sur l'écran, que permet le logiciel.
- La mise en place de procédures de contrôle spécifiques pour vérifier la validité de constructions ou de conjectures, de même que Rolet (1996) l'a montré en mathématiques.

Les relations entre le modèle matérialisé et le champ expérimental

Comme on l'a dit, ces relations sont relativement rares, sauf dans le cas d'une utilisation prédictive de l'ordinateur avant réalisation de la manipulation. L'idée que la mise en place de situations prédictives est favorable à l'établissement de lien entre les deux mondes peut être illustrée par l'exemple suivant.

La situation 9 est consacrée à la méthode d'autocollimation et est de type prédictif. Lors de la manipulation Emmanuel commence par

quitter le logiciel, ce qui empêche en particulier Adeline d'utiliser le modèle matérialisé comme elle en avait l'intention pour prévoir où se trouve l'image ("vu ce qu'on vient de faire à l'ordinateur ça devrait être en dessous"). Cette référence au modèle matérialisé (pourtant non visible) leur sert en permanence dans toute cette étape de la manipulation, puisqu'ils cherchent à localiser l'image en dessous de l'objet. Ils effectuent une vraie démarche de modélisation (repérant par exemple où est l'axe optique, Emmanuel : " l'axe optique il est au milieu là / tu vois il est dans ce plan").

La découverte autonome des fichiers : des liens dans les deux directions

Dans les dernières situations l'enseignant laisse systématiquement un temps aux élèves pour explorer le fichier qu'ils viennent d'ouvrir, sans leur donner d'autres consignes. C'est l'occasion pour les élèves d'effectuer un travail de modélisation, d'identification des éléments du modèle et de compréhension du fonctionnement de ce modèle.

Dans la situation 12 (sur la loupe), l'enseignant demande dès l'ouverture du fichier « *qu'est ce que vous pouvez faire avec ce fichier ?* ». Et effectivement l'activité des élèves se concentre sur les déplacements possibles des objets du fichier, essentiellement la position de l'objet, et cela donne lieu à une interprétation en terme de formation d'image par Adeline ("ouais là ça va être une image virtuelle elle va être derrière + elle va être là").

Dans la situation 14 (l'œil), ce processus d'exploration se déroule pour le deuxième fichier, mais non pour le premier, où l'enseignant rappelle verbalement les propriétés de l'œil supposées connues par les élèves, puis commente le fichier œil1 quand ils l'ont ouvert. Lorsque les élèves explorent seuls le fichier œil2, ils établissent des relations entre le vocabulaire décrivant les défauts de l'œil, les caractéristiques du modèle (la distance focale de la lentille représentant le cristallin), et le champ expérimental, puisqu'ils envisagent des questions comme « *pourquoi voit-on plus petit (ou mal) quand on est myope* » (int. 14/119) ou bien « *quels sont les défauts de mon œil* » (int. 14/115). On a peu de processus d'identification des éléments ici, mais immédiatement la construction de relations, tout simplement parce que les éléments ont en partie été identifiés déjà dans le fichier œil1.

Dans la situation 15 (sur la lunette astronomique), dès les interrogations initiales de l'enseignant qui visent à faire dire aux

élèves ce qu'ils savent sur les lunettes astronomiques, Adeline commence à manipuler la maquette de lunette qui est à leur disposition. Ultérieurement, les deux élèves essayent de donner un sens au mot « oculaire » en utilisant les fonctionnalités de déplacement de Cabri. Cette étape d'identification des éléments du modèle n'est pas forcément complète, par exemple les élèves n'avaient pas noté qu'on pouvait modifier l'inclinaison des rayons incidents, ni remarqué que le faisceau incident était parallèle, ni remarqué que le faisceau était dévié en traversant la lunette. Il peut aussi arriver que les croyances des élèves à la vue du dessin soient fausses (Adeline ne savait pas où il fallait mettre l'œil, "je croyais que l'œil était là", int. 15/87, elle montre du doigt l'entrée de la lunette, du côté de l'objectif).

On constate donc que ces étapes de découverte autonome des cabri-fichiers sont propices à l'établissement de liens entre les deux mondes. On peut observer le même phénomène lors d'utilisations spontanées du modèle matérialisé par les élèves. Par exemple lors de la situation 7 (image d'un objet), l'observateur, manipulant le modèle matérialisé pour l'ensemble de la classe, demande comment on va voir l'objet à travers la lentille. Emmanuel répond qu'on va le voir inversé, et se sert de son propre modèle matérialisé pour le justifier auprès d'Adeline (elle : " comment tu sais que c'est à l'envers (?)" ; lui : "regarde tes faisceaux", il montre les rayons avec le doigt après l'image). Il me semble qu'il réalise ainsi un lien entre le monde des objets/événements (comment va-t-on voir l'objet à travers la lentille) et le modèle, lien assez rare pour être signalé. Ce lien d'ailleurs se prolonge, sur le même thème de la visibilité, dans une phase ultérieure, où Emmanuel explique pourquoi on peut voir telle ou telle partie de l'objet à travers la lentille, en se servant du modèle matérialisé.

Conclusion

Cette étude confirme l'intérêt que de tels dispositifs didactiques peuvent avoir pour la compréhension de la physique par les élèves. Mais le rôle de l'enseignant demeure primordial : une analyse détaillée montre bien les dangers que court l'activité autonome des élèves ; elle

peut permettre ainsi, dans un travail ultérieur, de dégager des modalités d'interventions pertinentes de l'enseignant.

REFERENCES

Buty C. (2000). *Étude d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique à l'aide d'une modélisation informatique***.** Thèse, Université Lumière-Lyon II.

Laborde C., Capponi B. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 14, n° 12, pp. 165-210.

Lunetta V. N. (1997). The school science laboratory : historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In K.Tobin & B. Fraser (Eds), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers, pp. 249-262.

Niedderer, H.; Tiberghien, A.; Buty, C.; Haller, K.; Hucke, L.; Sander, F.; Fischer, H.E.; Schecker, H.; V. Aufschnaiter, S. & Welzel, M. (1998). Category Based Analysis of Videotapes from Labwork (CBAV) - the Method and Results from four Case-Studies. Working Paper 9 from The European Project Labwork In Science Education (Targeted Socio-Economic Research Programme, Project PL 95-2005), 41 Pages.

Rolet C. (1996). *Dessin et figure en géométrie : analyse des conceptions de futurs enseignants dans le contexte Cabri-géomètre*. Thèse, Université Claude Bernard-Lyon I.

Tiberghien A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, vol. 4 pp. 71-87.

PRATIQUES DE RECHERCHE D'INFORMATIONS SUR INTERNET EN SCIENCES PHYSIQUES : DIFFICULTES ET COMPETENCES

François-Marie Blondel
Monique Schwob
Olivier Kempf

Institut National de Recherche Pédagogique
Département Technologies Nouvelles et Education
91, rue Gabriel Péri
fax : 01 46 12 87 01 tel : 01 46 12 87 15
F - 92120 Montrouge
mél : Francois-Marie.Blondel@inrp.fr

Introduction

A quelques exceptions près (Goffard, 1998), les activités centrées autour de la documentation scientifique sont encore peu développées dans l'enseignement de la physique. Cependant, les incitations à la recherche documentaire se multiplient, de plus en plus explicites, comme on peut le constater dans les nouveaux programmes de lycée. S'y trouvent mentionnés, pour la première fois, des savoirs et des savoir-faire relatifs à la documentation en général, mais aussi à la recherche d'information.

Ces activités documentaires menées habituellement avec les outils disponibles dans les centres de documentation et d'information se voient profondément transformées par l'utilisation des technologies de l'information et de la communication. La toile apparaît à de nombreux enseignants comme une vaste source d'informations dont les contenus sont très dispersés, mais qui présente l'immense avantage d'offrir un accès direct à des documents souvent absents des centres de documentation. En ce sens, elle est quelquefois considérée comme un

complément majeur voire un substitut de la documentation traditionnelle.
Les transformations rapides des services offerts sur la toile et l'instabilité qui en résulte ne permettent pas encore de se faire une idée précise de ce qui peut être utile ou inutile pour des élèves de collège ou de lycée. Cependant, considérant l'abondance des documents dores et déjà présents sur la toile, nombreux sont ceux qui font l'hypothèse que les informations qu'ils contiennent pourront soutenir d'une manière ou d'une autre les activités documentaires en sciences.
Avant d'étudier l'impact sur les rapports à la connaissance que ces activités peuvent engendrer (Goffard 2000), il convient de s'interroger sur la nature de ces activités et en particulier sur la manière dont les élèves les pratiquent.

1. Les pratiques de recherche d'informations

L'utilisation de documents hypermédias pour répondre à des questions scientifiques commence à être étudiée chez les élèves de lycée et de collège (Dee-Lucas, 1996 ; de Vries, 2000 ; Le Diouris, 2000).
Les comportements de recherche d'informations sur internet font l'objet d'analyses détaillées de la part des chercheurs en sciences de l'information, et notamment les différences entre utilisateurs ordinaires et experts (Hölscher, 1999). Ceux des lycéens et des étudiants sont beaucoup moins connus et leurs difficultés encore assez peu analysées. Les observations effectuées par Fidel (1999) ont montré que ceux-ci conduisent leurs recherches avec rapidité et souplesse et qu'ils sont satisfaits de leurs résultats mais les difficultés qu'ils ont rencontrées plaident pour une formation spécifique et des outils plus appropriés.
Travaillant depuis plusieurs années sur la conception d'environnements informatiques susceptibles d’apporter aide et soutien aux élèves, nous nous sommes intéressés aux activités documentaires, et en particulier, à la recherche d’informations scientifiques menées par les élèves eux-mêmes, considérant que cet aspect pourrait prendre une place de plus en plus importante dans les pratiques documentaires.
La recherche d’informations est une activité complexe dont les processus ne sont pas encore bien identifiés. Plusieurs chercheurs en

psychologie cognitive ont suggéré des modèles de cette activité (Kolmayer, 1998). Rouet et Tricot (1998) ont proposé un modèle des processus cognitifs mis en œuvre au cours de cette activité qui repose sur un cycle composé de trois phases (évaluation, sélection, traitement) et met l'accent sur les mécanismes de gestion que sont la planification, le contrôle et la régulation.
On peut supposer que pour un thème de recherche donné, ces différentes phases sont révélatrices des connaissances propres du sujet et que leur confrontation avec un ensemble de connaissances externes est susceptible de soulever des interrogations intéressantes pour l'apprentissage.
L'objet du travail présenté ici est de chercher à préciser les caractéristiques principales de l'activité de recherche d'informations sur internet dans des situations d'apprentissage en sciences et à en identifier les difficultés du point de vue documentaire et du point de vue de la discipline elle-même. Il s'agit d'un travail exploratoire entrepris dans une perspective de conception d'outils pour l'apprenant. On trouvera des aspects complémentaires plus centrés sur la conception elle-même dans (Blondel 2001).

2. Méthodologie

Etant données les difficultés techniques que soulève l'observation fine d'une grande population d'élèves, nous avons opté pour une méthode permettant de recueillir des informations précises sur un petit nombre d'individus dans des situations contrôlées.
A cette fin, nous avons organisé plusieurs séances de recherche d'informations sur internet pour des élèves de lycées. Durant ces séances, les élèves menaient une recherche sur un sujet défini et devaient produire un document rassemblant leurs résultats.

2.1 Modes d'observation

Deux modes d'observation ont été utilisés : d'une part, une observation directe de la classe et des élèves permettant de noter les conditions de travail, les événements importants et les demandes émanant des individus, et d'autre part, un traçage détaillé de la

navigation permettant de mieux observer la part de l'activité consacrée à la recherche et la consultation de documents.
L'observation directe a été effectuée par une personne extérieure à la classe, intervenant uniquement à la demande des élèves. Dans certains cas, cette observation a été complétée par des enregistrements vidéo ou de courts entretiens d'élèves.
Le traçage de la navigation a été effectué avec un logiciel que nous avons développé pour cet usage. Installé sur le poste de l'utilisateur, il intercepte toutes les requêtes partant du navigateur et certaines actions de l'utilisateur. Ceci permet une mémorisation des principales interactions entre l'utilisateur et le document affiché. Tous ces événements enregistrés au fur et à mesure ont ensuite été analysés pour en extraire les caractéristiques principales. Ont ainsi été identifiés : les appels à des moteurs de recherche, les consultations d'annuaires, les contenus des requêtes formulées, les sites visités et les liens suivis.

2.2 Pratiques observées

Les observations ont concerné principalement des élèves en travaux dirigés de sciences physiques. Le travail demandé aux élèves consistait à rechercher des informations sur une question posée par l'enseignant ou discutée préalablement et à produire un document de synthèse sur cette question. Les documents intermédiaires et finals ont été conservés dans la plupart des cas.
Dans leur grande majorité, les lycéens participant à ces activités n'étaient pas des utilisateurs d'internet mais possédaient une pratique minimale des outils de bureautique. Des informations sur le maniement du navigateur et sur les outils de recherche d'informations leur ont été fournies en début de travail.
Les classes et les élèves observés dont les analyses sont rapportées ici proviennent de deux observations distinctes.

Energie en première scientifique

Une classe de première scientifique (nommée PS99 dans la suite) d'un lycée de centre ville a travaillé sur des questions liées aux filières énergétiques de production d'électricité, durant 2 séances de travaux pratiques de 1h30 en avril 1999. Les élèves y ont travaillé par groupe

de deux le plus souvent. Six groupes de cette classe sur 18 ont été suivis avec précision durant toute cette activité.
Dans cette classe, après avoir choisi chacun une filière énergétique, les élèves ont eu pour tâche de trouver : 1- le principe de fonctionnement de la filière, 2- une représentation de la chaîne énergétique selon les schémas classiques, 3- des données concrètes de fonctionnement se rapportant à un exemple (puissance électrique disponible, rendement global, domaine d'utilisation). Situé en fin d'année scolaire, le but du travail était de produire une fiche de deux pages destinée à constituer un support de cours distribué ensuite à l'ensemble de la classe.

Atmosphère en seconde

Deux paires d'élèves de seconde (désignées par S00 dans la suite) d'un lycée de la banlieue parisienne ont travaillé sur des questions relatives à l'atmosphère, durant 3 séances d'une heure en mai 2000.
Ces élèves avaient pour tâche de chercher des réponses scientifiques à deux questions, l'une sur l'ascension d'un parapente dans l'air et l'autre sur la diminution de la température avec l'altitude, et de rédiger une synthèse de leur réponse en deux pages. Les questions posées ici sont plus ouvertes que les questions posées à la classe de première. Ces élèves, novices en matière de recherche d'informations, étaient donc confrontés à un domaine relativement nouveau, n'ayant pas été l'objet d'un enseignement préalable.

3. Résultats

Nous présentons ci-dessous quelques résultats issus de ces observations. Des informations plus précises sur l'observation de la classe de première ont été publiées dans (Blondel, 2000). Des résultats complémentaires sur d'autres observations sont disponibles que le site "Activités documentaires et internet en physique chimie" dans la rubrique "Exemples"
(http://www.inrp.fr/Tecne/adipc/exs/exs-index.htm).

3.1 Les lycéens trouvent des informations qu'ils jugent pertinentes

Dans des situations de recherche contrôlée et sur des sujets pour lesquels on a vérifié au préalable qu'un nombre suffisant de documents étaient disponibles sur la toile, les élèves sont capables de trouver des

documents, et, dans ces documents, ce qu'ils estiment être des réponses à la question qui leur a été posée.

Documents et informations trouvées

Les lycéens de la classe de première (PS99) ont dans leur grande majorité trouvé les informations demandées à la fois sur le principe du fonctionnement de ces filières, sur les schémas associés et sur les puissances et les rendements correspondants. On ne s'étonnera pas qu'ils n'aient pas trouvé de documents contenant des représentations des chaînes énergétiques, ceux-ci étant plutôt rares sur la toile. Les réponses trouvées sont presque toutes acceptables et conformes à ce qui était attendu.

Les deux groupes de S00 ont eux aussi trouvé des éléments de réponse en nombre significatif mais ne les ont pas toujours rapportés correctement dans leurs productions finales.

Quantité et pertinence des documents consultés

On peut tout d'abord s'interroger sur la quantité d'informations que les élèves ont estimée suffisante pour répondre à ces questions, compte tenu des contraintes horaires qui leur étaient imposées.

Avec en moyenne 11 sites visités sur les deux séances et un nombre de pages consultées compris entre 15 et 40 suivant les groupes, la quantité d'information explorée par les élèves de PS99 pour trouver des réponses n'est pas très élevée. Il faut remarquer que ces chiffres peuvent varier amplement en fonction du sujet de la recherche et des requêtes formulées.

Dans le même ordre de grandeur, sur une question pourtant plus ouverte, les lycéens de S00 ont visité 7 sites et 12 pages durant leurs trois séances de travail, ce qui peut paraître assez réduit.

Pour la classe PS99, nous avons cherché à évaluer la pertinence des sites consultés au regard du domaine d'investigation, en les classant en 5 catégories principales (voir Tableau 1). Sur ces questions liées à l'énergie, on se rend compte que les lycéens vont principalement chercher leurs informations dans des sites que l'on peut considérer comme des sites de référence, qu'ils appartiennent à des institutions nationales comme Environnement Canada ou à des grandes entreprises comme EDF.

officiels	
formation	13
entreprises	22
clubs, associations	3
pages personnelles	7
hors sujet	5
total	67

Tableau 1 : Classement des sites visités par origine du serveur

Le taux de sites consultés hors sujet – sites dont le contenu n'a aucun point commun avec le sujet de la recherche –est assez faible (5 sites sur 67). La distinction entre un site en relation avec le sujet de recherche et un site hors sujet n'est d'ailleurs pas très facile à établir à la lecture des résultats rendus par les moteurs de recherche.
Ces éléments semblent indiquer que les lycéens sont en mesure d'évaluer correctement les sites qui présentent de l'intérêt pour leur recherche, au vu d'un intitulé de page ou d'une description sommaire.
En revanche, ils éprouvent de réelles difficultés à produire un document qui rassemble et présente correctement leurs réponses aux questions posées. Deux processus entrent en jeu dans cette production : la lecture des documents et la réécriture nécessaire à une production originale.

Lecture et analyse des pages et des documents visités

La difficulté de lecture est plus particulièrement apparente pour les élèves de seconde confrontés à un sujet qu'ils connaissent mal. Plusieurs documents consultés par les lycéens de S00 contenaient les réponses aux questions posées mais ces réponses n'ont pas toujours été vues et a fortiori retenues par les élèves. En particulier, un groupe consulte la page atmosphère de l'encyclopédie en ligne Webencyclo et n'en retient rien ; mais il s'agit de la première page consultée de toute la navigation. L'autre groupe consulte aussi la même page mais n'en retient qu'une partie. De même, le premier groupe consulte en 3e séance une page qui contient presque toutes les réponses attendues mais n'en retient qu'une partie.

Deux obstacles s'opposent à une analyse du contenu par les élèves : d'abord, la taille de certains documents, trop importante pour permettre une lecture rapide, et ensuite, les niveaux de langage extrêmement variés des documents consultés.

Ecriture d'un document personnel

L'examen de ce que les élèves ont réellement utilisé dans leur document final indique que le rendement de leur recherche est relativement faible. En effet, pour la classe PS99, le nombre de documents utilisés par rapport au nombre de sites consultés est en moyenne de un à cinq. En moyenne toujours, sur la trentaine de pages appartenant à la douzaine des sites qu'ils ont consultés, ces lycéens n'ont retenu que deux pages pour leur document final.
Cette déperdition provient pour partie d'un manque de satisfaction des utilisateurs, opinion souvent exprimée lors des entretiens ou des observations directes. Cette insatisfaction porte en particulier sur les documents visités, la plupart ne correspondant pas très exactement à ce que les élèves s'attendaient à trouver.
Bien que n'ayant pas procédé à une analyse du processus de réalisation des documents finals, nous constatons que la réécriture nécessitée par la production d'un document personnel ne se produit pas au cours des quelques séances de travail organisées. Les documents produits consistent le plus souvent en un collage de fragments plus ou moins importants des documents originaux. Même les documents les plus élaborés, réalisés par les élèves de PS99 sur leur temps personnel, comportent de 60% à 90% de copie intégrale des textes originaux.

3.2 Les lycéens cherchent avec ténacité et difficulté

Plusieurs indicateurs provenant de l'analyse des traces de navigation, renforcés par les observations directes ou par l'interrogation des élèves signalent de réelles difficultés dans la recherche d'informations. Nous en rapportons ici quelques-uns.

Chronologie de la recherche d'informations

La recherche d'informations est un processus itératif qui peut être décomposé en cinq étapes : préparation de la recherche, formulation de la requête, consultation et analyse des résultats rendus par les

moteurs ou les annuaires, consultation des sites, notation d'extraits et de références.
Une analyse du temps consacré à chaque étape pour la classe PS99, permet de constater que si les lycéens consacrent plus de la moitié de leur temps de recherche à la consultation des sites (55%), la formulation des requêtes occupe 16% de leur temps et la consultation des résultats de moteurs ou d'annuaires 20%, soit un peu plus du tiers pour ces deux étapes.
Formuler une requête et en estimer les résultats sont en fait des tâches peu familières pour lesquelles les élèves éprouvent de réelles difficultés.

Formulation des requêtes

Sur deux séances de recherche, l'ensemble des six groupes de PS99 a formulé 52 requêtes soit en moyenne 9 requêtes distinctes par groupe. Pour leur part, les deux groupes de S00 en ont formulé respectivement 13 et 19 en trois séances de travail.
Une analyse du contenu de ces requêtes permet de constater que le choix des termes et leur combinaison avec des opérateurs pour formuler une requête efficace, et par conséquent susceptible de produire des résultats correspondants à leurs attentes, reste encore approximatif et laborieux.
En ce qui concerne les termes employés, l'attitude des lycéens paraît pour le moins minimaliste ; leur tendance générale est à utiliser peu de mots. Sur une cinquantaine de requêtes, 80% comprennent moins de trois termes et 42% des requêtes n'en comportent qu'un seul.
Ces données sont comparables à celles relevées chez des utilisateurs ordinaires : 2.35 mots par requête en moyenne pour les utilisateurs du moteur AltaVista en 1998. Une comparaison entre experts et novices effectuée par Hölscher (1999) indique 1.66 mots par requête pour des utilisateurs novices et 3.64 pour des experts.

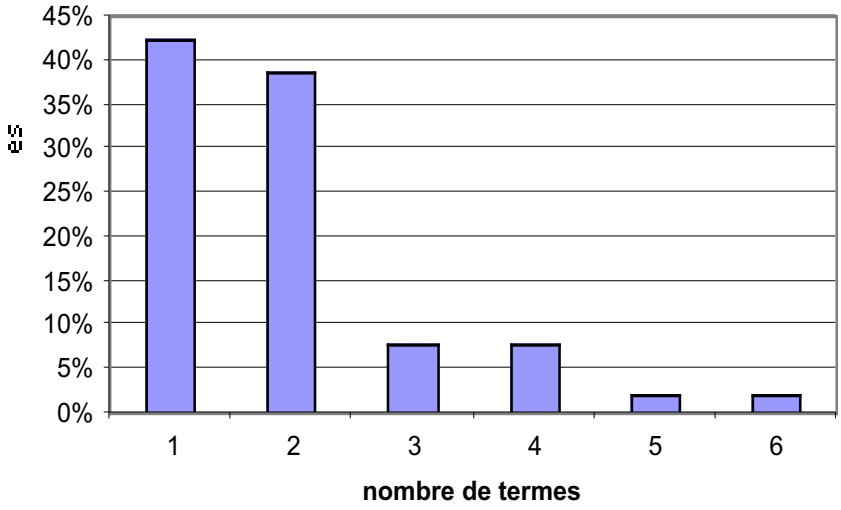


Figure 2 : Nombre de termes par requête - effectif 52 requêtes

Si l'on cherche à évaluer la satisfaction des lycéens par les consultations de sites qui découlent de leurs requêtes, celle-ci n'apparaît pas très élevée. Le nombre de sites visités par requête est de 1.2 en moyenne pour les groupes de PS99. Au moins une requête sur deux ne conduit pas à la consultation d'un site.

Au-delà de la difficulté à produire des requêtes efficaces, ce faible taux de consultation peut s'expliquer aussi par l'opacité du fonctionnement de la plupart des moteurs de recherche et par la pauvreté sémantique des résumés qu'ils présentent pour chaque résultat.

Remarquons cependant que, même s'il leur a fallu plusieurs requêtes avant d'aboutir, tous les groupes ont fini par trouver, dans les résultats des moteurs, des sites dont ils ont jugé le contenu intéressant.

Quant au lexique utilisé dans les requêtes, il se limite souvent aux mots de la question posée. Dans un premier temps, les élèves utilisent uniquement ces mots pour formuler leurs requêtes et éprouvent de réelles difficultés à en ajouter d'autres pour préciser leur demande quand les résultats obtenus ne leur semblent pas pertinents.

Cette difficulté à étendre le lexique des requêtes subsiste même après la consultation de documents pertinents. Ainsi, un des groupes de S00,

après avoir consulté une encyclopédie en ligne sur l'atmosphère lui renvoyant de nombreux termes ou concepts associés à la question, n'a cependant pas utilisé de termes différents des mots de la question dans la suite.
Le nombre et la qualité des termes qui seraient nécessaires à une formulation efficace sont très variables en fonction du sujet de la recherche. Pour certains termes, comme éolienne ou hydroélectricité, la polysémie ne vient pas perturber la recherche. Mais dans la plupart des cas, les mots utilisés dans les questions proposées aux élèves comme énergie, rendement ou température, ou plus généralement les mots constitutifs des textes d'enseignement, ne sont pas toujours appropriés pour formuler une requête dans un ensemble de documents aussi hétérogène que les pages de la toile.
La formulation d'une requête contraint à prendre en compte les caractéristiques d'une sorte de grand lexique collectif, incluant des lexiques issus de textes dont le niveau de langage, qu'il soit scientifique ou non, est extrêmement varié. La mobilisation des connaissances personnelles du sujet, qui incluent ces différents niveaux de lexique, est probablement un des moyens qui permettrait de dépasser cette difficulté.

4. Discussion

Nous souhaitons ajouter ici quelques remarques complémentaires suggérées par les constatations effectuées au cours de ces observations.

4.1 Implication dans la tâche

Plusieurs indices semblent révéler une implication assez forte des lycéens dans la tâche qui leur est proposée.
Tout d'abord, ils ne s'éloignent pas de leur sujet de recherche - peu de sites ou de pages hors sujet ont été consultés - et même ne se laissent pas perturber par les diverses incitations rencontrées ça et là. Ainsi, la navigation à partir des pages consultées reste-t-elle très réduite.
Quand les résultats de leurs requêtes ne les satisfont pas, les élèves n'hésitent pas à en formuler de nouvelles, autant que cela leur semble possible. De ce point de vue, leur comportement se différencie de

celui des utilisateurs ordinaires de la toile qui souvent se contentent de quelques requêtes.
Les mêmes constats ont été effectués par Fidel (1999) qui a observé des lycéens recherchant sur un sujet plus technique et rapporte les mêmes comportements de focalisation sur le sujet de la recherche.
Les lycéens montrent ainsi une aptitude générale à effectuer une recherche ciblée, les difficultés constatées ne pouvant pas être imputées à un manque de motivation.

4.2 Perception et représentation du contenu de la toile

Aucune description générale du contenu de la toile n'est vraiment accessible aux élèves. Les annuaires qui offrent un classement hiérarchique d'une partie de ce contenu ne semblent pas avoir été compris comme tels. La consultation des rubriques correspondant à des contenus scientifiques comme Physique ou Energie, n'est pas spontanée et n'a jamais débouché sur la consultation de sites.
En règle générale, il apparaît que les élèves n'ont qu'une connaissance très approximative du contenu de la toile et par conséquent font preuve d'une grande naïveté sur ce qu'on peut y rechercher.
Ils se comportent comme si la réponse à leur question devait se trouver dans un document ou un autre. D'où une obstination quelquefois excessive à rechercher en variant l'ordre des mots de la requête ou encore les moteurs appelés. Mais il faut noter que dans le cadre d'une activité imposée, ils sont en droit de supposer – cadre du contrat didactique habituel - que la réponse à la question posée doit pouvoir être trouvée avec les méthodes proposées par l'enseignant.
Sauf pour des sujets de recherche très précis ou portant sur des données factuelles, les documents renvoyés par les moteurs ne contiennent pas exactement la réponse à la question posée mais plus souvent des éléments parfois disparates permettant de la construire. Quand les documents trouvés sont relativement nombreux, et parfois plus que nécessaire, il est rare que les élèves les consultent tous pour ensuite les comparer. Ils se contentent généralement du (ou des) premier(s) document(s) contenant l'information souhaitée. La tâche de réécriture découlant de cette comparaison ne semble pas à leur portée immédiate.
Bien que leur nombre soit en valeur assez important (une étude de 1999 estimait à 50 millions le nombre de pages à contenu scientifique

ou éducatif), l'identification des documents à caractère scientifique ou technique présents sur la toile est une tâche qui requiert à la fois des connaissances documentaires et une certaine représentation de la production scientifique. Ces documents ont été rédigés pour des publics assez différents (chercheurs, institutionnels, grand public) et ceux qui visent explicitement la vulgarisation scientifique ou la transmission des connaissances, sont encore peu nombreux et mal identifiés, exception faite des documents destinés à l'enseignement.
L'immersion de textes scientifiques dans un ensemble de textes ordinaires modifie la manière de rechercher et d'utiliser des informations pour des activités scientifiques.
Situer ses propres connaissances dans un ensemble beaucoup plus vaste et de surcroît peu structuré, est une tâche entièrement nouvelle pour beaucoup de lycéens.

4.3 Outils de recherche et savoir-faire

Avec un peu de pratique, nombre de lycéens croient savoir chercher de l'information sur la toile. Une aisance certaine dans la manipulation des navigateurs et des interfaces d'interrogation des moteurs peut leur laisser penser que la maîtrise de ces outils leur est acquise.
Mais l'utilisation raisonnée des outils de recherche demande souvent des compétences d'experts que n'ont pas les élèves. Ceux-ci ont du mal à comprendre comment fonctionnent ces outils et ne parviennent pas à produire correctement les termes d'une requête pour qu'elle soit efficace. Cet exercice est d'autant plus difficile que certains outils de recherche qui prétendent s'adresser à un large public mettent en œuvre des techniques complexes que seuls des experts connaissent.
Une assistance à l'utilisateur s'avère indispensable aussi longtemps que les compétences minimales n'auront pas été acquises. Elle peut porter sur le choix des outils de recherche, sur la manière de les employer, et sur l'analyse les résultats qu'ils fournissent.
L'assistant de recherche d'informations que nous étudions effectue une mémorisation et une analyse des recherches successives de l'utilisateur, afin de lui présenter en retour une vision plus structurée de son activité. De plus, il lui permet de composer un document personnel à partir de fragments annotés des documents visités.
Les techniques d'observation que nous avons développées précédemment fournissent quelques indices représentatifs de l'activité

de recherche. Associées à l'assistant de recherche, des techniques plus élaborées exploitant la mémorisation de la recherche et de la prise de notes pourraient être mises à profit pour analyser les processus de traitement de l'information impliqués dans la recherche documentaire sur la toile.

Conclusion

Les ressources documentaires disponibles sur la toile constituent un complément d'information dont les lycéens pourraient tirer profit pour des activités documentaires en sciences. Ceux-ci se montrent capables de trouver des informations dans le cas de recherches ciblées et encadrées. Mais la recherche d'informations suppose des connaissances et des savoir-faire qui leur font défaut, rendant ainsi plus difficile la mise en place de ces activités.

La recherche d'informations sur la toile qui repose essentiellement sur une indexation en texte intégral d'un très grand nombre de documents met en évidence des différences entre le langage de l'enseignement et les langages utilisés dans la production de documents, scientifiques ou non.

Au cours de cette activité, l'élève se trouve confronté à un ensemble de connaissances non structuré devant lequel il peine à faire correspondre les éléments qui constituent le sujet de sa recherche.

La recherche d'informations pour laquelle l'implication dans la tâche est importante peut constituer une occasion de confronter les propres connaissances du sujet en l'invitant à développer et préciser son sujet de recherche.

REFERENCES

Blondel F.-M., Kempf O., Schwob M. (2000).- Recherche d'informations sur la toile : Pratiques d'élèves, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 828, novembre 2000, pp. 1819-1846.

Blondel F.-M. (2001) La recherche d'informations sur internet par des lycéens, Analyse et assistance à l'apprentissage, *Actes du Cinquième Colloque Hypermédias et Apprentissage*, Grenoble mars 2001, INRP-EPI, à paraître.

Dee-Lucas D., (1996).- Effects of Overview Structure on Study Strategies and Text Representations for Instructional Hypertext, in *Hypertext and Cognition*, Rouet J-F., Levonen J., Dillon A., Spiro R. (Eds), Lawrence Erlbaum, Mahwah, pp. 73-107.

Fidel, R., Davies, R., Douglass, M., Holder, J., Hopkins, C., Kushner, E., Miyagishima, B., Toney, C. (1999).- A Visit to the Information Mall: Web Searching Behavior of High School Students, *Journal of the American Society for Information Science*, Volume 50 Number 1, pp. 24-37.

Goffard Monique (1998).- *Les activités de documentation en physique et chimie*, Armand Colin, 119 p.

Goffard Monique (2000).- Rapport au savoir et activités de documentation scientifiques, *Communication au Colloque "Rapport au savoir et apprentissages scientifiques"* - Sfax - 7-9 avril 2000.

Hölscher C., Strube G. (1999).- Web Search Behavior of Internet Experts and Newbies, *WWW9 proceedings*, (www document) http://www9.org/w9cdrom/81/81.html

Kolmayer E. (1998).- Démarche d'interrogation documentaire et navigation, A*ctes du 4ème Colloque Hypermédias et Apprentissages, Poitiers 15-17 octobre 1998*, J-F. Rouet & B. de la Passardière (eds), INRP-EPI, Paris, pp. 121-134.

Le Diouris Laurence (2000).- Conception de sites Internet et étude de leur utilisation dans différentes situations de recherche documentaire en collège et lycée, thèse de l'université Lyon 2, novembre 2000.

Rouet J.-F., Tricot A. (1998).- Chercher de l'information dans un hypertexte: vers un modèle des processus cognitifs., in *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques*, Tricot André & Rouet Jean-François (eds), Hermès, Paris, pp. 57-74.

de Vries E. (2000).- Hypermédias et apprentissage de la physique : une familiarisation avec les termes d'une modélisation ?, *Sciences et Techniques Educatives*, vol 7, n°1.

Remerciements

Ce travail a bénéficié des contributions de Jean-Claude Le Touzé, Bernard Richoux et Martial Tarizzo et de nombreuses discussions avec Alain Beaufils et Monique Goffard.

CONCEPTION ET ETUDE DE L'UTILISATION D'UN HYPERMEDIA SUR LE SON PAR DES ELEVES DE CLASSE DE SECONDE

Arnauld Sejourne

UMR GRIC, équipe COAST
Université Lumière Lyon 2
5 avenue, Pierre-Mendès France
69676 Bron cedex 11
Email : arnauld.Sejourne@univ-lyon2.fr

Introduction

Dans le cadre d'une recherche en didactique des disciplines scientifiques, nous avons élaboré un hypermédia qui s'insère dans l'une des catégories d'usages proposées par Bruillard et De Lapassadière [BRU 98] qui est celle d'utiliser des environnements d'apprentissage intégrant l'hypertexte ([VEN 96], [PAQ 96]). Cette conception de situations visant l'apprentissage s'inscrit dans le domaine de l'ingénierie didactique [ART 90]. Il s'agit de la réalisation d'un hypermédia fondée sur des hypothèses d'apprentissage, en particulier celles liées au fonctionnement du savoir. Dans cette présentation nous nous limiterons à un aspect, celui de la structuration des informations selon leur nature. L'hypermédia " Labdoc Son et Vibrations " que nous avons développé en collaboration avec la société Jeulin, est dédié à l'apprentissage des phénomènes sonores au niveau du secondaire. Dans cet article, nous présentons d'abord le cadre théorique de référence suivi de son application du point de vue de la conception. Nous analyserons ensuite à partir de ce même cadre théorique l'activité des élèves en nous centrant sur le rôle de la structuration des informations dans la construction par l'apprenant du sens de la connaissance en jeu.

1. Cadre de référence

Ce cadre de référence sert de base à la fois pour la conception du logiciel, et pour l'analyse des activités des élèves.

1.1 L'activité de modélisation

L'élaboration de la structure du logiciel s'appuie en particulier sur les résultats de travaux effectués au sein de notre équipe de recherche impliquant dans différentes situations matérielles l'activité de modélisation des apprenants ([TIB 94], [BEC 97], [QUI 97]). La modélisation est définie comme la construction d'un modèle qui représente, d'un point de vue théorique, la situation expérimentale [BACH 79]. D'après Tiberghien [TIB 94], nous considérerons trois principaux niveaux[35] de savoir dans ce processus de modélisation : Le niveau de la théorie inclut le niveau explicatif de la modélisation. Le modèle représente la situation expérimentale dans les termes de la théorie. Le champ expérimental correspond aux situations expérimentales qui appartiennent au domaine de validité de la construction théorique en jeu dans la modélisation. De plus, nous introduisons le niveau des objets et des événements simulés qui possède à la fois des attributs du modèle et des attributs du champ expérimental. Ainsi, ce niveau, appelé "objets et événements simulés" [QUI 97], est un intermédiaire entre le niveau de la théorie-modèle et du champ expérimental.

1.2 Les représentations sémiotiques

A l'écran, les informations peuvent être présentées de différentes façons : sous forme de graphiques, de textes, de représentations dynamiques (vidéo, animations, simulations) ce qui correspond à ce que nous appelons, à la suite de Duval [DUV 95], des systèmes sémiotiques. En physique, par exemple, la grandeur amplitude peut être représentée à partir d'une définition en langage naturel (LN), d'une animation "représentation dynamique" (RD) et enfin d'un dessin, représentation iconique (RI).

---

[35] Nous précisons que le terme niveau n'introduit pas de hiérarchie : la théorie n'est donc pas au-dessus du champ expérimental.

1.3 Hypothèse d'apprentissage

Nous reprenons à notre compte, tout d'abord, deux hypothèses largement partagées par les chercheurs :

- l'élève est le propre acteur de son apprentissage,
- les connaissances initiales de l'élève jouent un rôle déterminant dans l'apprentissage.

Puis, deux hypothèses plus spécifiques sont en relation avec le cadre présenté ci-dessus, toutes les deux supposent que le sens se construit dans les relations.

- Les relations établies par les élèves entre les informations appartenant à différents niveaux du processus de modélisation favorisent l'apprentissage et la construction du sens du savoir lors de la réalisation d'une tâche.
- Les relations entre les diverses représentations pour chacune des informations favorisent la "compréhension" du savoir en jeu.

Enfin, à la suite de Duval [DUV 95], nous considérons que les systèmes sémiotiques doivent permettre de réaliser trois activités cognitives inhérentes à toutes représentations qui sont :

- "de constituer une trace […] qui soit identifiable comme une représentation de quelque chose",
- "de transformer les représentations par les seules règles propres du système […] de façon à obtenir d'autres représentations",
- "de convertir les représentations produites dans un système en représentations d'un autre système".

Ces hypothèses d'apprentissage vont nous servir à la fois pour concevoir les séquences d'enseignement implémentées dans l'hypermédia et pour analyser les activités des élèves interagissant avec l'hypermédia.

2. La conception de l'hypermédia

2.1 Présentation de l'hypermédia

Cet hypermédia se compose de cinq lieux : (1) une salle de travaux pratiques comportant cinq séances de TP, (2) une salle d'expériences libres proposant une liste de protocole en lien avec le savoir à enseigner et un logiciel "Sonorama" permettant de visualiser un signal

électrique saisi par un microphone, (3) une salle de cours, (4) une salle d'exercice et (5) une bibliothèque. La familiarité des élèves avec ces lieux peut les encourager à s'y référer régulièrement. Le cadre de référence a été utilisé principalement pour concevoir les différentes séquences d'enseignement proposées dans la salle de travaux pratiques et certains types de ressources. Dans la partie suivante, nous présentons les "bases" de cette conception relative au contenu et à la navigation.

2.2 Les bases de la conception

Le contenu : Elément "premier" de la conception

Le contenu choisi pour la conception de cet environnement est issu d'un travail collectif au sein de notre équipe (projet SOC[36], 1995-1998), associant chercheurs, inspecteurs pédagogiques régionaux (I.P.R) et enseignants du secondaire. Ce projet (SOC) a conduit à différentes productions dont l'élaboration de sept séquences de travaux pratiques (TP) dédiées à l'enseignement du son en classe de seconde. Nous présentons succinctement les principales caractéristiques de ces TP afin de justifier ce choix :

- Distanciation avec les TP classiques

L'utilisation d'une grille d'analyse de TP [MIL 97] a permis de faire ressortir deux caractéristiques spécifiques des TP SOC, comparés à des TP dits "classiques". Ces TP privilégient d'une part des activités diverses (prédire, expliquer, décrire, conclure, mettre en relation des mesures) et d'autre part la mise en relation entre les objets et les observables et les savoirs théoriques [TIB 95]. Ce qui est d'après notre cadre une activité de modélisation. Ceci est l'une des principales raisons qui nous a conduit à concevoir notre hypermédia à partir de ce type de TP.

- Prises en compte des hypothèses d'apprentissage dans la conception dans la conception de la séquence

Les difficultés[37] et les conceptions[38] des élèves à propos du son, conditionnent la construction des séquences d'enseignement. Celles-ci

---

[36] http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/docs/soc/son/son.html

[37] Le terme difficulté est pris dans le sens où l'on juge un concept délicat à comprendre par l'élève.

visent à aider les élèves à surmonter leurs difficultés et non à les contourner. Elles visent également à faire prendre conscience aux élèves que la question posée est la leur et qu'ils en sont responsables.

Les choix de navigation en lien avec les ressources proposées

Deux sortes de navigation ont été implémentées dans le logiciel dans le but d'inciter les élèves à se référer dès qu'ils le souhaitent à la diversité des informations disponibles : *une navigation interne à un lieu et entre lieux*. Ces informations prennent alors le statut de ressources pouvant aider les apprenants dans leur raisonnement, leurs décisions et l'évaluation de leurs actions.

- La navigation *interne* à un lieu, mis à part la navigation de page en page, se réfère à trois types de ressources qui sont les escamots, les aides et le mini-dictionnaire. Elles permettent à l'apprenant de recueillir des informations tout en restant dans la même page-écran, c'est-à-dire dans un même contexte de tâche (résolution de problème, lecture d'information, observation d'une expérience, etc.). En outre, nous supposons que cela limite la désorientation de l'apprenant [FOSS 88] et permet d'éviter une surcharge cognitive *"liée à l'effort et à la concentration nécessaire pour maintenir différents travaux ou chemins"* [BRU 94]. Nous précisons ci-dessous les trois sortes de ressource :
    - Le **mini-dictionnaire** propose un ensemble de définitions de termes relatifs à l'enseignement du son en seconde principalement dans un même système sémiotique le langage naturel.
    - L'**escamot** (ou pop-up Windows) est un ensemble d'informations intégrées dans une fenêtre qui n'apparaît que sous l'action de l'utilisateur et qui permet à l'apprenant de trouver rapidement l'information [CAR 98]. Les informations fournies sont catégorisées selon le cadre théorique de référence.
    - L'**Aide** propose, si possible, pour une information donnée différentes représentations (

[38] Conceptions d'élèves : ensemble hypothétique de propositions, savoir - faire, procédures, habilités manuelles, que le chercheur attribue à l'élève dans le but de rendre compte des conduites de l'élève dans un ensemble de situations données.

- Tableau 1). Ces informations correspondent à celles que les élèves sont censées mobiliser durant la phase de résolution de problème. Notre choix de conception est d'implémenter principalement une aide dans des d'activités considérées difficiles d'après le cadre théorique.

- Lors d'une navigation externe, partant d'un lieu donné, les apprenants peuvent recueillir des informations dans un autre lieu (cours, etc.) puis, revenir au même endroit dans la page-écran limitant si possible la désorientation de l'apprenant.

2.3 Mise en pratique du cadre de référence : Page-écran "Mesure de la fréquence"

Présentation

Cette activité fait suite à une activité présentant les définitions des grandeurs caractéristiques de la vibration, la fréquence et l'amplitude. Nous détaillons selon notre grille la page-écran liée à l'activité de mesure de la fréquence.

La demi-page écran de droite est la simulation du mouvement de la membrane du haut-parleur à partir de laquelle les élèves réalisent leur mesure. Le contenu de cette demi-page se réfère au niveau des objets-événements simulés dont la représentation est dynamique (RD) en association avec le langage naturel (l'énoncé) et au niveau théorie-modèle utilisant à la fois le symbole (RS) (valeur de la fréquence en Hz) et le langage naturel (il est demandé de préciser la valeur de la fréquence).

La demi-page de gauche contient l'énoncé du problème en langage naturel (LN) : "*A l'aide du chronomètre, compter le nombre d'allers-retours effectués par la membrane du haut-parleur pendant un temps t (10 secondes par exemple). Puis, donner la valeur de la fréquence de vibration.*" La première étape de la question vise à dénombrer les allers-retours effectués par la membrane en un temps t à partir de la simulation, elle se réfère au niveau des objets-événements simulés puisque cela est réalisé à partir de la simulation. La seconde étape demande de déterminer la valeur de la fréquence, elle se rapporte au niveau de la théorie-modèle.

L'aide intégrée à la page-écran

La fenêtre Aide comporte des informations sur la fréquence et le nombre d'aller-retour selon différents systèmes de représentation (Tableau 1). En effet, nous supposons que les aides ainsi construites favorisent la conceptualisation.

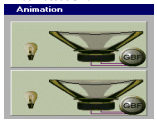
Demi page-écran Aide	Information visible à l'écran	Informations analysées à partir de la grille	
		Système de représentation	Niveaux de savoir
Fenêtre aide de l'activité mesure de la fréquence	**Connaissance : Fréquence**		
	Définition Nombre d'aller-retour effectué par la partie vibrante de la source de son en une seconde	Langage naturel	Relation (Théorie-modèle, Objets/Evénements)
	Animation 	Représentation dynamique	Objets événements simulés
	Formule F = 1/T	Représentation symbolique	Théorie-modèle
	Connaissance : Aller-Retour		
	Définition C'est le déplacement réalisé pour aller à un endroit et en revenir	Langage naturel	Champ expérimental
	Animation 	Représentation dynamique	Objets événements simulés

Tableau 1 La fenêtre Aide associée à l'activité mesure de la fréquence

Analyse a priori de l'activité des élèves

Dans l'activité proposée, nous nous attendons à ce que les élèves mobilisent et mettent en relation deux éléments de connaissance qui sont : (1) le mouvement de la membrane du haut-parleur et le comptage du nombre d'aller-retours effectué en un temps t et (2) la fréquence. Le premier élément relève du champ expérimental, alors que le deuxième relève du niveau de la théorie-modèle, avec le

formalisme donnant la valeur de la fréquence (F = nombre d'aller retour compté / temps). Nous supposons que lors de cette activité, les élèves vont rencontrer des difficultés c'est pour cela que nous avons construit les aides.

3. Activité des élèves

Nous rappelons que nous nous centrons sur le rôle de la structuration des informations proposées dans la construction du sens de la connaissance en jeu par l'apprenant. Pour cela, nous présentons tout d'abord notre méthodologie, puis une analyse des activités des élèves et enfin nous conclurons.

3.1 Méthodologie d'analyse

Condition de l'expérience

L'expérimentation s'est déroulée dans trois classes de Seconde de lycées différents situés dans l'agglomération lyonnaise. Les élèves (au total 20 dyades) ont été recrutés par leurs professeurs respectifs selon leur motivation dans l'objectif de réaliser trois séances de travaux pratiques, d'une durée de 1 heure et demi à partir de l'hypermédia. Ces séances sont effectuées en parallèle de l'enseignement dirigé par l'enseignant. Deux dyades sont placées dans une autre salle de classe : elles sont ainsi isolées des autres élèves et de leur professeur évitant ainsi tout échange et influence[39].

Les conditions du recueil et données recueillies

Notre développement informatique permet l'enregistrement en fonction du temps de la trace des navigations des élèves, de leurs réponses et des ressources utilisées. De plus, nous avons filmé les élèves et enregistré leur dialogue. Durant la séance, le chercheur est toujours présent en tant qu'observateur. Ainsi, nous obtenons trois types de données. Des enregistrements audio et vidéo et une trace informatique. Les enregistrements audio sont retranscrits. Les bandes vidéos permettent d'une part de compléter la transcription et d'autre

[39] Nous rappelons que les autres élèves réalisent la même séquence avec leur professeur.

part de suivre les faits et gestes des élèves durant les trois séances de TP ce qui complète la transcription selon le cheminement des élèves.

Grille d'analyse

Nos hypothèses d'apprentissage liées aux fonctionnements du savoir, nous permettent d'étudier et d'interpréter le fonctionnement des élèves du point de vue de l'activité de modélisation et de l'utilisation des représentations sémiotiques. La grille d'analyse de l'activité des élèves interagissant avec l'hypermédia se réfère comme dans le cas de la conception de l'hypermédia aux niveaux de savoir (ou activité de modélisation), aux représentations sémiotiques. Ainsi, selon le choix de l'information sélectionnée, indiquée par la trace, nous pouvons faire une hypothèse sur la façon dont l'élève est en train de fonctionner du point de vue des connaissances qu'il mobilise. En effet l'analyse de ces informations selon les niveaux de savoir nous indique celui que les élèves vont mettre en œuvre lors de sa résolution du problème.

3.2 Analyse

Etude locale à partir des dialogues des élèves

Cette étude est présentée à partir du cas d'une dyade. L'analyse de l'activité des élèves à partir de la grille d'analyse est présentée dans la Figure 1. Nous nous limitons ici aux niveaux de savoir, le rôle des systèmes de représentation ne sera pas développé.

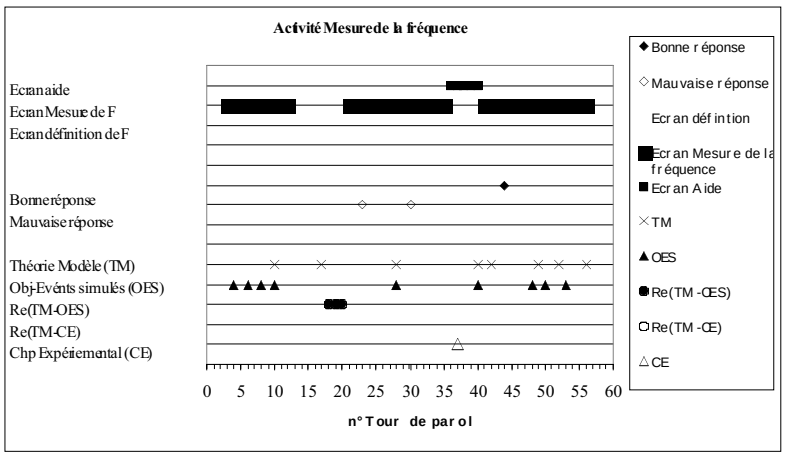


Figure 1 Ecran mis en œuvre dans la navigation, réponse donnée, niveau de savoir du dialogue, en fonction des tours de parole

Lors de cette activité, la dyade débute par une lecture de la définition de la fréquence (n°1 à 2 des tours de parole), les élèves réalisent ensuite une première mesure qui relève du niveau des objets événements simulés (OES) (n°4 à 10). Puis, ils relisent l'énoncé (n°10), le niveau théorie-modèle (TM) en témoigne et décident alors de retourner dans la page-écran définition de la fréquence (n°13 à 20) :
N°9 A " Dix huit / précise "
N°10 B " Préciser la fréquence trouvée / tu retournes ils disaient comment on faisait la fréquence "
Lors de cette première navigation, les élèves construisent le sens de la grandeur fréquence en effectuant le lien entre la mesure du nombre d'aller-retours de la membrane et la grandeur fréquence (n° 18 à 20) indiqué par la mise en œuvre des relations Re(TM-OES).
N°20 B " Bein oui facile bein si en dix secondes il fait dix huit en une seconde il fait 1,8 "
Cependant, la réponse proposée est inexacte (N°23). Malgré le conseil du feed-back de consulter une aide, ils recommencent une mesure (OES) (n°28) et proposent une nouvelle réponse inexacte (N°30). Ils décident alors de consulter l'aide (n°36 à 40) et de sélectionner une seule information la définition de l'aller-retour qui se réfère au champ expérimental (N°37). La réponse qui en a suivi est alors celle attendue. Ainsi, l'aide a conduit la dyade à mettre en œuvre les objets et événements, puis à reconstruire la relation entre les deux niveaux (Re(TM-OES)). Elle est donc déterminante pour favoriser la mise en œuvre de différents niveaux.

Conclusion

Cette analyse nous a permis de mettre en relation le déclenchement de la navigation avec le besoin de connaissance. Par exemple, c'est après avoir produit deux réponses inexactes que la dyade étudiée va dans l'aide chercher l'information qui lui manque à propos du mouvement d'aller-retour. Nous pouvons supposer qu'elle a pris conscience que ce n'était pas une erreur de "savoir-faire" mais que leur connaissance est

inadaptée à la résolution du problème. Ces résultats confortent le choix de conception de notre hypermédia qui d'une part permet des échecs répétés conduisant les élèves à prendre conscience de la distance entre leur propre idée et la connaissance à mobiliser et d'autre part propose différentes aides que les élèves peuvent sélectionner selon leurs besoins et les menant à construire de nouvelles connaissances.

REFERENCES

[ART 90] Artigue M., "Ingénierie didactique. Recherches en didactiques des mathématiques", 1990.

[BRU 94] Bruillard E., De La Passadiere B., « Hypermedia et éducation : des repères », Sciences et Techniques Educatives, vol.1, p.17-37, 1994.

[BRU 98] Bruillard E., De LA Passadiere B., "Fonctionnalités hypertextuelles dans les environnements d'apprentissage", Les hypermédias approches cognitives et ergonomiques, Edition Hermes, 1998.

[CAR 98] Caro S., Betrancourt M., "Ergonomie des documents techniques informatisés : expériences et recommandations sur l'utilisation des organisateurs para-linguistiques", Les hypermédias approches cognitives et ergonomiques, Edition Hermes, 1998.

[DIM 95] Dimitracopoulou A., "Le tutorat dans les systèmes informatisés d'apprentissage : Etude de la conception et réalisation d'un tutoriel d'aide à la représentation physique des situations étudiées par la mécanique", Thèse université Paris 7 – Diderot, 1995

[DUV 98] Duval R., "Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels", Peter Lang, 1995

[FOS 98] Foss C.L., "Effective broswing in hypertext system, Procedings of RAIO 88", Cambridge, MA-MITT, 1988.

[MIL 97] Millar R., Le Maréchal J.F., Tiberghien A., "A 'map' of the varieties of labwork – its possible uses as a research tool." Communication at the ESERA conference. Rome, 1997.

[PAQ 96] Paquelin D., "Les cartes concepts : outils pour les concepteurs et les utilisateurs d'hypermédia éducatif", E.Bruillard, J.-M Baldner., G.L. Baron (Eds.) , hypermédias et Apprentissages 3, INRP-EPI, p85-96, 1996.

[QUI 98] Quintana-Robles M., "Etude didactique de films comme aide pour l'enseignement de la physique. Cas de l'expansion des gaz." Thèse de Doctorat. Université Claude Bernard Lyon I. 1997.

[TIB 94] Tiberghien A., "Modelling as a basis for analysing teaching-learning situations", Learning and Instruction. Vol.4. 71-87, 1997.

[TIB 95] Tiberghien A., Megalakaki O., "Characterization of modelling activity for a first qualitative approach to the concept of energy". In European Journal of psychology of Education, Vol.4, 369-383, 1995.

[VEN 96] Venturini P., Viel L., "Base de données hypermédia pour le programme d'électricité en seconde", E.Bruillard, J.-M Baldner., G.L. Baron (Eds.) , Hypermédias et Apprentissages 3, INRP-EPI, p 211-224, 1996.

ANALYSE DES REPRESENTATIONS DES ENSEIGNANTS DE SVT CONCERNANT LE ROLE DES MATHEMATIQUES EN BIOLOGIE

Jean-Marc Lange

IUFM de l'académie de Rouen
GDSTC, LIREST (ENS CACHAN)

La mathématisation d'une discipline scientifique est une question qui s'est déjà posée tant au niveau de sa dimension discipline de recherche que de sa dimension scolaire : citons en particulier le cas de la géographie, de la psychologie. Cette mathématisation a fait l'objet de recherches en didactique telles celles de Malafosse et Lerouge(2000) sur les relations mathématiques et sciences physiques enseignée à propos de la loi d'Ohm au collège. Mais dans ce cas, l'imbrication des mathématiques et des sciences physiques est communément admise au niveau du savoir savant et la problématique est davantage celle des conditions de la transposition des savoirs. Il n'en est pas de même de la biologie pour laquelle la question se pose de façon polémique actuellement au niveau de sa dimension de recherche.

Les relations existant entre les mathématiques et la biologie interrogent donc la didactique parce qu'elles posent le problème des relations qu'entretiennent entre elles deux disciplines scientifiques, au niveau scolaire. Pour M. Develay (1994), une discipline scolaire se caractérise par une matrice disciplinaire et des critères d'intelligibilité eux-mêmes en évolution. L'idée de matrice recouvre à la fois l'idée de point de vue porté sur la discipline, l'idée de paradigme fondateur, l'idée de creuset au sein du quel se structure, se conçoit la discipline et qui lui donne sa cohérence. La dimension épistémologique mise en avant par Develay nous incite à aborder de ce point de vue la question de la mathématisation des sciences de la vie. La place et le rôle des mathématiques dans celles-ci renvoie à la question des paradigmes de cette discipline.

Les disciplines scolaires peuvent également être envisagées sous l'éclairage du concept de matrice curriculaire élaboré par J.

Lebeaume (1999) à partir de l'analyse historique de la technologie en milieu scolaire. Pour cet auteur, l'idée de matrice est à prendre davantage dans le sens technique du moule, de ce qui sert à reproduire à l'identique. Elle intègre une vision épistémologique mais également sociologique et donne un rôle institutionnel important aux enseignants du fait de l'orientation qu'ils impriment à leur discipline par les choix ou rejets successifs qu'ils font dans les éléments du programme officiel et par leur propre point de vue épistémologique.
Le concept de matrice curriculaire met donc également l'accent sur le rôle plus ou moins conscient joué par les enseignants eux-mêmes du fait de leur origine sociologique, du point de vue de leur propre formation initiale et également de l'existence chez eux de présupposés et de représentations épistémologiques qu'il est commode de qualifier d'épistémiques.
C'est sous ce double éclairage que la question du rôle des mathématiques en biologie prend tout son sens didactique.
Notre objectif ici est de recueillir et d'analyser les représentations des enseignants concernant cette question.

1. Méthodologie

L'enquête porte auprès d'un ensemble de 56 stagiaires PLC 2 SVT en formation dans les IUFM de Grenoble, d'Aquitaine, Toulouse, Nantes, Rouen,
durant l'année scolaire 98-99. Le choix de professeurs stagiaires est à mettre d'une part avec nos propres activités professionnelles et d'autre part avec la volonté de recueillir les représentations de jeunes professeurs sortant de la formation initiale universitaire.
Le choix des IUFM vient de l'existence de formateurs relais. Il n'était pas possible techniquement de constituer un échantillon randomisé ou représentatif de l'ensemble de la cohorte des stagiaires sur une année scolaire donnée. Cependant, le nombre de postes mis au concours du CAPES SVT en 1998 était de 380. L'effectif des stagiaires contactés représente donc environ le 6e de l'effectif total.
Le public est donc captif et le questionnaire soumis par le formateur au groupe de stagiaires. Nous sommes donc loin des conditions de "félicités" souhaitables dans ce type d'enquête, en particulier la neutralité entre sondeur et sondé.

Le questionnaire écrit proposé comporte 26 items répartis en 5 volets. La répartition en volets à fonctions différentes correspond à la volonté de briser l'effet d'engrenage (J. Richard-Zapella, 1990).
Il comporte 22 questions fermées dont l'avantage est de permettre une comparaison immédiate des résultats mais dont l'inconvénient est d'imposer à la fois ses concepts et son vocabulaire. Pour contrer cet effet, une série de 4 questions ouvertes est proposée à la fin du questionnaire afin de permettre le fait que le sondé peut avoir ainsi davantage l'impression d'être écouté pleinement et qu'il sera effectivement tenu compte de ce qu'il va dire.
Seuls les résultats concernant le rôle joué par les mathématiques sont repris ici (J.M. Lange, 2000).

2. Résultats de l'enquête

1 - La biologie peut-elle être mathématisée maintenant ou dans le futur selon le modèle des sciences physiques ?

- oui : 24%
- non : 60%
- je ne sais pas : 16 %

2 - La mathématisation de la biologie de terrain est :

- Une évolution regrettable : 7%
- Une évolution inévitable : 14%
- Participe à une clarification conceptuelle et méthodologique : 79%

3 - Rôles joués par les mathématiques en biologie :

outil	16 fois cité	expérimentation	3
quantification	9	démarche scientifique	3
modélisation	8	mesure	2
dénombrement	5	analyse	2
explication	4	validation	1
présentation	3	concrétisation	1

4 - Place des mathématiques dans la biologie de recherche et la biologie enseignée :

suffisante	15 fois cité	utile	2
importante	9	dérangeant	1
indispensable	6	inévitable	1
nécessaire	5	peu importante	1

minime	3	complémentaire	1
trop	3	satisfaisante	1

3. Analyse des résultats

1- En sciences physiques, les théories sont construites par une interaction entre une réalité idéalisée (c'est-à-dire reconstituée avec, éventuellement, la non-prise en compte de certains paramètres considérés comme négligeables) et une théorie mathématique (D. Ruel, 1991). Ceci aboutit à sa formalisation. Cette question pose le problème de l'existence d'une biologie théorique, tout en situant cette discipline scientifique par rapport aux sciences physiques. Les résultats obtenus peuvent se comprendre comme une position défensive de la part de jeunes enseignants pour qui l'obtention du CAPES vient tout juste de valider des années d'efforts fournis en vue de maîtriser un champ disciplinaire. Elle peut également s'interpréter comme étant l'expression d'une représentation sous-jacente qui n'est pas sans rappeler la position de Claude Bernard concernant la relation mathématique et biologie (J.M. Lange, 2000). L'existence d'une conception bernardienne chez les enseignants de SVT a été évoquée dans plusieurs recherches didactiques (P. Schneeberger, 1992 ; C. Orange, 1997).

Un détour épistémologique s'impose. Il existe sur ce problème de la mathématisation des sciences de la vie, deux positions épistémologiques opposées : celle se situant dans la lignée de G. Bachelard (1934) pour qui la mathématisation est un élément constitutif caractéristique des sciences modernes. Elle permet le processus de simplification indispensable à la compréhension du monde. Ce processus se déroule alors avec la rigueur et la clarté conceptuelle nécessaire, car, comme le souligne M. Enock (2000), contrairement au langage dans lequel chaque mot a deux composantes, le signifiant et le signifié, il n'y a en mathématique que du signifiant, ce qui les distinguent d'un véritable langage. La simplification nécessaire à la compréhension scientifique passe donc par le détour obligé de l'abstraction.

Une tout autre position épistémologique est souvent défendue par des biologistes liés au domaine de l'Evolution. Pour ceux-ci, en particulier E. Mayr (1989), ou S.J. Gould (1988), la dimension temporelle,

contingente de l'évolution des êtres vivants est incompatible avec une approche conceptuelle mathématique. La dimension « terrain » des sciences du vivant est alors mis en avant avec l'observation, la description.
Pourtant, il semblerait bien que cette opposition, liée principalement à l'obstacle « dimension temporelle » des phénomènes biologiques, puisse être dépassé par les nouvelles mathématiques du non-linéaire (J. Guespin-Michel, C. Ripoll, 2000). Les processus dynamiques étudiés grâce aux équations différentielles linéaires et non linéaires montrent de nouvelles propriétés comme les bifurcations, l'auto-organisation des structures spatio-temporelles. Ces mathématiques permettent alors de penser les ruptures, les effets de seuil, la complexité. L'opposition constatée serait davantage d'ordre idéologique que scientifique et serait fortement liée à des conceptions portant sur le déterminisme.
Sur cette question, les stagiaires PLC interrogés semblent donc se retrouver massivement sur une position de rejet la mathématisation de la biologie. Et ce d'autant plus que d'autres item du questionnaire montrent leur méconnaissance de ces nouvelles mathématiques.

2- Cette question fait référence à l'opposition supposée entre sciences du terrain considérées comme hostiles à toute mathématisation et sciences de laboratoire. Cette opposition est en fait factice. Comme le souligne Y. Haila (1992), les connexions entre recueil de données et théorie sont nécessaires et multiples. Cet état de fait rencontre l'approbation d'une forte majorité de nos sondés. L'existence d'une conception que l'on peut qualifier de façon un peu forcée et caricaturale de « naturaliste » n'est à envisager que chez une petite minorité des sondés. Il semblerait qu'à l'issue de leur formation universitaire initiale, les enseignants stagiaires de SVT soient beaucoup plus ouverts vis-à-vis de la mathématisation des sciences du terrain comme l'écologie que dans d'autres domaines. L'écologie est sûrement dans l'ensemble de la biologie le domaine qui est le plus anciennement mathématisé et nul n'ignore au sortir de l'université l'existence d'essais de modélisations mathématiques liées à la dynamique des populations comme celles de Volterra qui seront reprises plus tard par Lotka.

3- La question des rôles attribués aux mathématiques dans les sciences du vivant est l'objet de représentations liées aux positions épistémiques du sujet. Deux représentations sont dominantes :

- les mathématiques sont un simple langage ;
- les mathématiques sont un outil pour le biologiste.

Comme le précise D. Lecourt (1966), la réduction des mathématiques à une fonction de langage est liée, dans la pensée de Bachelard, à une méconnaissance du rôle et de la nature des mathématiques qui conduit à une conception idéologique de la connaissance scientifique. Nous nous situons dans cette lignée épistémologique.
La fonction d'outil constitue la deuxième représentation commune (G. Rumelhard, 1997). S'il est vrai qu'une discipline peut être instrumentalisée au profit d'une autre, réduire la fonction des mathématiques à celle d'un outil est, là encore, est le résultat d'une méconnaissance de ce que sont les mathématiques. Si celles-ci peuvent permettre de décrire, d'analyser, de représenter, elles permettent également de prévoir, de décider, d'**expliquer** c'est-à-dire de **conceptualiser**, de **théoriser** (M. Bouletreau, 2000 ; J.M. Lange, 2000).
Ainsi en est-il avec la modélisation. Il existe deux catégories de modèles (C. Orange, 1997) :

- les modèles symboliques, au sens d'emblématique comme les modèles mécaniques ;
- les modèles formels pour lesquels le registre explicatif peut être mathématique.

C'est à cette dernière catégorie que nous ferons référence ici.

Pour JM Legay (1996), il y a dans l'évolution des sciences quatre périodes historiques :

- la première correspond à la méthode analytique établie par Descartes ;
- la deuxième correspond à celle établie par Cl. Bernard, méthode visant à établir une relation univoque entre la cause et l'effet ;
- la troisième, que l'on doit à Fisher, abandonne cette relation simple et développe une approche statistique aboutissant à des plans expérimentaux ;

- la dernière, contemporaine, l'ère des modèles qui essaient d'aborder les problèmes biologiques dans toute leur complexité.

Cette tendance est confirmée par une simple recherche d'occurrence « modèles biologiques » sur la base de données PASCAL du CNRS :

Année	Nombre d'occurrences
1991	752
1992	1177
1995	878
1997	1449
1999	1823

L'intérêt principal de la modélisation biologique est de permettre le dépassement des principaux obstacles : celui de variabilité, de complexité (dans son sens de système non réductible aux propriétés des sous-systèmes qui le constituent), de temps.

Pour revenir aux réponses données par les stagiaires à cette question ouverte, il apparaît que, si la représentation « outil » est mise en avant chez un grand nombre d'entre eux, il n'est pas fait référence à celle de « langage ». Quant à la modélisation, si elle n'est pas ignorée, elle reste faiblement représentée.

4- La question de la place des mathématiques dans la biologie de recherche et la biologie enseignée a été posée en fin de questionnaire sous la forme d'une question ouverte avec l'objectif de laisser la parole. Il est possible que les réponses se soient crispées en une sorte d'exutoire d'humeur. Cependant il apparaît rapidement trois positions :

- une position nette de rejet (trop, minime, mode, opposée au naturalisme, opposée au réel, vivant irréductible) ce que certains sondés expriment par des remarques comme « les maths sont trop théoriques. La biologie c'est l'étude du vivant ! de la vie ! », « Alors à quand la théorisation du comportement ? ». Cette position concerne 18 % des sondés ;
- une position réservée, en faveur d'un statu quo, (suffisante, dérangeante, satisfaisante, marginale) pour 52 % d'entre eux ;

- une position favorable (indispensable, nécessaire, complémentaire, importante, insuffisante) pour 30 % des stagiaires.

Nous avons alors émis l'hypothèse qu'il s'agit, au delà de réactions d'humeur, de positions nettement structurées correspondant à de véritables sous populations ce qu'une analyse de variance par la méthode de Snedecor nous a confirmé.

Les trois attitudes se caractérisent par les éléments suivants :

- attitude réservée : score mathématique assez médiocre mais attitude épistémique assez ouverte.
- attitude volontariste : score mathématique significativement supérieur au groupe précédent, attitude épistémique résolument moderne et égalitaire des relations disciplinaires ;
- attitude hostile : score mathématique semblable au groupe précédent mais ils en diffèrent de façon statistiquement significative par une position épistémique davantage positiviste, et par la persistance en leur sein d'un certain vitalisme.

Ces attitudes réparties en réservées , volontaristes et hostiles ne sont pas en soit surprenantes. Il s'agit là d'un classique relevé depuis longtemps en sociologie : les différences de discours ou de pratiques, sont reliées à des **attitudes** qualifiées de positives, négatives ou neutres à l'égard de l'objet étudié. L'attitude mêle intimement éléments cognitifs et affectifs. (S. Moscivici, 1961, 1976).

Le questionnaire, probablement du fait du contexte de formation dans lequel il a été proposé, place le stagiaire dans une situation qui pourrait être l'équivalent d'une réaction face à une proposition de réforme. Celui-ci manifeste alors une réaction en lien avec un sentiment de perte d'identité. La maîtrise des savoirs scolaires ne renvoie pas seulement à la maîtrise spéculative de contenus et de paradigmes, mais plus largement à une dimension symbolique en partie constitutive de l'identité professionnelle, et donc de son identité tout court (M. Develay,1995). Nous pointons ici une relation existant entre le savoir à enseigner, le **rapport au savoir** et **l'identité professionnelle**. Cette relation va dans le sens de travaux menés dans d'autres champs disciplinaires (G. Cogérineau, 2000).

Conclusion

De cette enquête, il ressort qu'il ne semble pas se manifester, dans la relation aux mathématiques des enseignants de SVT tout juste sortant de leur formation disciplinaire initiale, d'obstacles majeurs. Cependant, cette étude pointe un déficit de connaissances épistémologiques et mathématiques qui influence, à notre sens de façon négative, l'identité professionnelle. C'est donc en termes de culture minimale que le problème se pose. Si l'initiation scientifique constitue l'une des missions de l'enseignement des sciences en général et de la biologie en particulier, elle doit permettre l'évolution ultérieure du champ disciplinaire dont elle a la charge. Loin de vouloir mathématiser à tout prix les sciences de la vie dans l'enseignement secondaire, nous en connaissons les limites et les difficultés, il nous semble cependant qu'un minimum d'initiation à la modélisation formelle est nécessaire. La biologie enseignée ne peut se permettre de transmettre une image de la démarche scientifique par trop en décalage avec la réalité de la recherche d'aujourd'hui.

REFERENCES

BACHELARD, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. Paris : PUF.
BOULETREAU, M. (2000). Mathématiques et biologie sont-elles en harmonie ? in *Spécial mathématiques*. Paris : cnrs info.
COGERINEAU, G. (2000). *Rapports au savoir et identité professionnelle chez les enseignants d'éducation physique et sportive*. Mémoire de h.d.r. université Lyon 1.
DEVELAY, M. (1994). *Peut-on former les enseignants* ? Paris : E.S.F.
DEVELAY, M. (sous la direction de *). Savoirs scolaires et didactiques des disciplines. Une encyclopédie pour aujourd'hui*, Paris : E.S.F.
ENOCK, M. (2000). Les mathématiques : un langage universel pour les scientifiques ? *Spécial mathématiques*. Paris : cnrs info
GOULD, S. J. (1988). *Le sourire du flamand rose, réflexions sur l'histoire naturelle*. Paris : Seuil.

GUESPIN-MICHEL, J. ; RIPOLL, C. (2000). La pluridisciplinarité dans les sciences de la vie : un nouvel obstacle épistémologique, la non linéarité. *ASTER, 30*, 87-104.
HAILA, Y. (1992*). Mesurer la nature*. In Clarke, F. et Fujimura, J. La matérialité des sciences. Paris : Les Empécheurs de penser en rond.
LANGE, J.M. (2000*). Mathématisation de la biologie, discipline de recherche et discipline enseignée : état des lieux et enjeux didactiques*. Thèse de didactique des sciences et techniques, ENS Cachan.
LEBEAUME, J. (1999). *Enjeux et perspectives de la didactique curriculaire : contribution de la didactique de la technologie*. Actes des premières rencontres scientifiques de l'ARDIST. ARDIST et ENS Cachan.
LECOURT, D. (1966). *L'épistémologie historique de Gaston Bachelard*. Paris : Vrin.
LEGAY, J.M. (1996*). L'expérience et le modèle, un discours sur la méthode*. Paris : INRA
MALAFOSSE, D. ; LEROUGE, A. Ruptures et continuités entre physique et mathématiques à propos de la caractéristique des dipôles électriques linéaires. *ASTER, 30*, 65-85.
MAYR, E. (1989). *Histoire de la Biologie*. Paris : Fayard.
MOSCOVICI, S. (1976). *La psychanalyse, son image, son public*, Paris, P.U.F. 2ème éd.
ORANGE, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie*. Paris : P.U.F.
RICHARD-ZAPELLA, J. (1990). *La construction de l'opinion publique dans le sondage. De la question au discours de reformulation*. Thèse de doctorat de sciences du Langage. Université de Rouen.
RUEL, D. (1991). *Hasard et Chaos*. Paris : Odile Jacob.
RUMELHARD, G. (1997). Travailler les obstacles pour assimiler les connaissances scientifiques. *Aster, 24*.
SCHNEEBERGER, P. (1992). *Problèmes et difficultés de l'enseignement d'un concept transversal : le concept de régulation*. Thèse de doctorat. Paris : université Diderot.

APPRENTISSAGE COMPARE DE LA NOTION DE REACTION CHIMIQUE EN TP OU A L'AIDE D'UNE VIDEO : ROLE DES OBSERVATIONS FAITES PAR LES ELEVES

Bulent Pekdag
Jean-François Le Maréchal[40],

UMR GRIC-COAST, Université Lyon-2

Introduction et questions de recherches

L'apprentissage de la réaction chimique passe par des stades successifs (Solomonidou, 1994) au cours desquels l'élève s'approprie progressivement différents aspects du concept. Un point au moins n'a, à notre connaissance, pas été étudié dans cet apprentissage, il concerne les arguments utilisés par les élèves pour décider qu'un événement observé peut s'interpréter par une réaction chimique. Ce point nous a semblé suffisamment important dans l'évolution des connaissances sur ce concept pour entreprendre une étude spécifique. En effet, un professeur qui étudie une réaction chimique considère assez facilement que son objet d'étude est pour tout le monde (et en particulier pour ses élèves) une réaction chimique. Nous avons remarqué que ce n'était pas aussi évident pour les élèves, en particulier en classe de Seconde et à plus forte raison au collège, et nous avons cherché à comprendre ce qui permettait aux élèves de penser qu'il en était ainsi.

Dans le présent travail, nous nous préoccupons également de la situation utilisée pour mettre en scène la réaction chimique. Quelle différence de comportement les élèves ont-ils face à une réaction chimique si celle-ci est l'objet d'une séance de travaux pratiques, au cours de laquelle ils manipulent eux-mêmes la verrerie et les produits

[40] jflm@ens-lyon.fr

chimiques ou si, lors d'une séance hors laboratoire, la réaction chimique est seulement montrée au moyen d'une vidéo ?

1. Cadre théorique

Les arguments utilisés par les élèves pour décider si un événement est ou non une réaction chimique ont été catégorisés en adaptant des travaux effectués en didactique de la physique (Tiberghien, 1994). Tiberghien catégorise le fonctionnement des élèves en analysant leur activité de modélisation. Pour cela, elle distingue un niveau *d'objets et d'événements* d'une part, et un niveau *de théories et de modèles* d'autre part, puis situe les productions des élèves dans l'un ou l'autre de ces niveaux ou en termes de liens entre ces deux niveaux.
Pour traiter des problèmes relevant de la chimie, deux adaptations de ce cadre ont été faites (Le Maréchal, 1999a) :

- Nous subdivisons le niveau des objets et des événements de Tiberghien en trois sous-domaines, le sous-domaine (O) des objets, celui (E) des événements et celui (P) des propriétés de ces objets ou de ces événements, pour autant que (O), (E) ou (P) soient perceptibles. Ces trois sous-domaines font partie du monde que nous appelons monde perceptible. Par exemple : un échantillon de pentanol (O), le fait que le contenu d'un tube à essais change d'aspect (E), le fait que le sulfate de cuivre hydraté soit bleu (P). Comme pour le modèle de Tiberghien, un niveau de théorie et de modèle s'oppose à ce niveau d'objets, d'événements et de propriétés perceptibles.
- Nous décidons d'appeler monde reconstruit, un monde constitué des objets conceptuels, appelés ici objets reconstruits (o), que le chimiste manipule (molécule de pentanol, espèce chimique[41] pentanol, l'eau contenue dans un mélange homogène d'eau et d'alcool). De tels objets peuvent subir des événements (é) que nous appelons événement reconstruit (par exemple des réactions

[41] L'espèce chimique pentanol est par définition un échantillon qui ne serait constitué que de molécules de pentanol : Clavel-Monin et al. *Physique chimie 2de*, Hatier, 2000 p.12. Les chimistes distinguent l'espèce chimique pentanol (objet conceptuel) de l'échantillon pentanol (objet concret). « Espèce chimique » est le terme utilisé dans les programmes scolaires pour désigner génériquement corps composés et corps simples.

chimiques[42]). Ces objets et ces événements ont des propriétés (p), comme le fait que l'acide éthanoïque puisse libérer des ions H^+ par exemple. Un niveau de théorie et de modèle concerne également ce monde reconstruit. Ainsi, nous distinguons un peu formellement les théories qui gèrent des objets perceptibles de celle qui concerne des objets reconstruits[43].

Cela peut se schématiser avec le **schéma.1**.

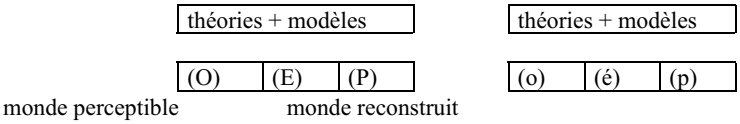


schéma.1. Représentation schématique des catégories issues du cadre théorique.

Le présent travail, situé au niveau des classes de Troisième et de Seconde n'utilise pas de niveau théorique et l'activité de l'élève que nous allons décrire va se limiter aux sous-domaines (O), (E), (P) et (o), (é), (p).

Nous analyserons donc l'activité des élèves à l'aide de deux mondes, l'un perceptible et l'autre reconstruit, structurés de façon identique en sous-domaines des objets, des événements et des propriétés. Par rapport à d'autres travaux en didactique de la chimie (Johnstone, 1993 ; Laugier, 2000), nous ne cherchons pas à opposer le monde microscopique et microscopique puisque, dans le niveau reconstruit, on trouve aussi bien les niveaux microscopique (atomes, ions, molécules) que macroscopique (composés chimiques).

---

[42] Les programmes applicables en Seconde à la rentrée 2000 s'attachent à différencier une transformation chimique (ex. le jus de raisin qui fermente), qui est pour nous un événement perceptible (on voit des bulles, ça sent l'alcool, ça a un nouveau goût), d'une réaction chimique (ex. le glucose qui devient de l'éthanol et du dioxyde de carbone lors de la fermentation).

[43] La chaleur Q apportée à un échantillon d'eau est un concept d'une théorie relative à (O) et (E) et la vibration des liaisons O–H est un concept d'une théorie relative à (o) et (é). La chaleur et les vibrations moléculaires sont intimement liées, mais modélisent des événements de différentes natures.

Avec ce cadre théorique, les produits chimiques ont deux statuts possibles, soit comme objets perceptibles (quand ils sont les objets manipulés) soit comme objets reconstruits quand ils ne sont pas perceptibles. Ainsi, quand un élève parle de l'eau contenue dans un mélange, l'eau n'est pas perceptible. C'est un objet reconstruit. A l'opposé, quand il parle de l'acide qui est dans le tube, ou sur lequel un test est effectué, il s'agit bien évidemment d'un objet perceptible. Il y a des cas où le contexte ne permet pas de déterminer si l'élève fait allusion à l'objet perceptible ou à l'objet reconstruit. Cette possible double appartenance du produit chimique aux deux mondes constitue un lien privilégié pour que l'élève mette en relation les deux mondes.

2. Méthodologie

Nous avons cherché à analyser les arguments utilisés par les élèves à propos d'une réaction d'estérification pour situer leur interprétation relative aux réactions chimiques en les catégorisant soit dans le monde perceptible soit dans le monde reconstruit et en repérant les liens qu'ils établissent entre les catégories utilisées.

Nous avons développé une méthodologie autour de deux études de cas.

- La première concerne une étude hors classe de huit élèves de fin de Troisième appartenant à deux collèges différents de la région lyonnaise. Lors de notre étude, les élèves ont travaillé à partir de la vidéo, réalisée par nous-mêmes, d'une réaction d'estérification de l'acide éthanoïque[44] avec le pentanol. Les élèves pouvaient voir et revoir à leur convenance un film d'une durée de 1 min. 43 s alors qu'ils devaient débattre[45], par binôme, sur six questions soumises par écrit. Ces élèves n'avaient pas eu d'enseignement spécifique aux espèces chimiques. Ils étaient enregistrés (audio) pendant toute la séance.

[44] Ce que l'on donnait aux élèves sous le nom de « Acide » était en fait un mélange d'acide éthanoïque et d'acide sulfurique, ce dernier étant le catalyseur de la réaction. Ce niveau de précision n'a pas été indiqué aux élèves.

[45] Le débat, non limité dans le temps, a duré entre 15 et 20 minutes.

- La seconde concerne une étude en classe de TP en Seconde également basée sur la synthèse de l'éthanoate de pentyle (nouveaux programmes, en vigueur en septembre 2000). Trois classes de trois lycées différents (notés La, Lf et Lc) ont été suivies pendant l'étude de la réaction chimique, ce qui correspond au quatrième TP de chimie de l'année. Il s'est trouvé qu'une de ces trois classes était une bonne classe. Les TP avaient été élaborés en collaboration avec les trois enseignants et testés l'année précédente.
    - Un binôme d'élèves a été enregistré et filmé pendant ce TP.
    - La totalité (soit 42) des comptes rendus de TP des élèves des trois classes a été relevée.

Le choix de l'estérification comme base de l'expérience fut influencé par les contraintes pédagogiques des programmes de Seconde, puisque l'expérimentation devait pouvoir être menée en classe, à ce niveau. Nous avons par ailleurs mené l'étude d'une part en situation de TP, d'autre part en situation d'observation d'une bande vidéo.

En TP, les élèves étaient invités par le protocole à constater trois effets directs de la modification du système chimique : le passage d'un état homogène à un état hétérogène, la présence d'eau en fin de réaction alors qu'elle avait été testée comme absente au début et, enfin, le changement d'odeur marqué du système[46].
Cette même expérience a été adaptée et filmée en vue de sa présentation en vidéo. Mais dans ce cas, seul le test de l'absence puis de la présence d'eau a été utilisé.

Dans cette expérience deux réactions chimiques sont en jeu, l'estérification et le test au sulfate de cuivre quand il est positif.
Pour l'une (test au sulfate de cuivre) seul un changement de couleur indique au chimiste la présence d'une réaction chimique. Cette observation est classée comme événement du monde perceptible.

[46] De l'odeur âcre de vinaigre due à l'acide éthanoïque, on passe à une odeur de bonbon anglais de l'ester.

Pour l'autre réaction (l'estérification), les arguments, utilisables a priori pour affirmer qu'il s'agit effectivement d'une réaction chimique, peuvent être de différentes natures :

- La présence d'eau au sein d'un mélange dont les constituants ont été testés initialement comme ne comprenant pas d'eau. Cet argument appartient au monde reconstruit et est utilisable aussi bien à partir de la vidéo qu'en situation de TP.
- Le passage du système d'un état homogène à un état hétérogène et le changement de l'odeur. Ces arguments s'inscrivent dans le monde perceptible (catégorie propriété perceptible) et ne peuvent être utilisés qu'en situation de TP.

Un autre argument (incorrect) était supposé apparaître : le chauffage du mélange, argument catégorisé comme événement perceptible

3. Résultats et discussion

1) Première étude de cas : analyse du travail hors classe avec vidéo

L'analyse des transcriptions des élèves ayant travaillé avec la vidéo a montré que les élèves utilisent trois types d'arguments :

a) En grande majorité, on trouve des arguments du type "événement perceptible" : le changement de couleur (3 fois), l'absence de changement de couleur (5 fois), le chauffage (4 fois).
b) Par quatre fois, les élèves ont utilisé un argument de type "propriété perceptible":

C'est homogène donc il n'y a pas de réaction (1 fois) :
J : ça fait aucune réaction
S : si
J : c'est truc homogène
S : si si / c'est une réaction
C'est bleu donc il y a réaction (3 fois), que l'on pourrait associer au changement de couleur :
A : réaction chimique y en a une / là au bleu

- Nous avons observé par trois fois qu'un élève prenait comme argument une "propriété reconstruite" :

La (prétendue) irréversibilité d'une réaction chimique :
C : une réaction chimique c'est c'est quelque chose qui est irréversible[47]
Le fait qu'une réaction doive produire quelque chose :
L : parce que celle là elle [la réaction chimique] donne rien
Une propriété des objets reconstruits :
Ch : je crois quand il y a de l'eau / c'est pas impossible c'est mélange par exemple dans l'alcool / y a de y a de l'oxygène par exemple / dans le dans le l'acide il y a l'hydrogène[48] *quand ça se mélange / ça fait de l'eau…*

Un argument issu du monde perceptible (ici changement de couleur, existence d'un chauffage, ailleurs ce pourrait être la formation d'un précipité, une effervescence…) semble donc plus pertinent qu'un argument issu du monde reconstruit (la formation d'une nouvelle espèce chimique) pour des élèves de fin de Troisième.

Cela apparaît également à d'autres occasions dans notre corpus de données, avec parfois des effets pervers. Ainsi alors que les élèves avaient tout en main pour conclure à la présence d'une réaction chimique avec l'argument de la présence d'eau, cet argument, inscrit dans le monde reconstruit, s'est retourné en une conclusion dans le monde perceptible : « *de l'acide et de l'alcool ça fait de l'eau c'est pas normal* ». De l'acide et de l'alcool ça fait de l'eau est un événement reconstruit qui suffit à tout chimiste pour conclure qu'il y a eu une réaction chimique ; mais pour les élèves, l'événement n'est pas normal (c'est un événement pas normal pour nos observations quotidiennes).
Ce type d'observation nous a amenés à affiner notre analyse et à considérer que le mélange des deux réactifs était un objet perceptible qui correspond à deux objets reconstruits : le mélange *avant* chauffage et le mélange *après* chauffage. C'est une difficulté pour les élèves quand ils ne peuvent pas transposer une structure du monde perceptible dans le monde reconstruit, ce qui est le cas ici puisqu'un

[47] C'est inexact, mais ce critère est souvent donné à tord par les professeurs de collège pour différencier les transformations physiques (solidification / fusion) qui sont « réversibles » et les transformations chimiques qui ne le seraient pas !

[48] C'est une propriété reconstruite de l'espèce chimique « acide » de posséder un hydrogène.

objet perceptible ne correspond pas à un mais à deux objets reconstruits (Le Maréchal, 1999b).

2) Deuxième étude de cas : analyse du TP :

- L'étude d'un binôme dont la production a été complètement suivie pendant un TP a montré que la transformation chimique est pour eux :

a) Avant tout un changement propriété perceptible : « *faire passer une espèce chimique homogène en une espèce chimique hétérogène* ».

b) Ce changement s'accompagne d'un moyen « … *en chauffant* » qui est un événement perceptible.

c) Enfin, la transformation résulte d'un mécanisme : « *le mélange / est devenu hétérogène grâce à l'eau qui est app*[arue] *qui s'est (...) condensée dans la / dans la colonne de Vigreux* [à partir de la 'fumée' que les élèves ont vue pendant la réaction] ». Ce mécanisme est exprimé en termes d'objets et d'événements perceptibles.

Ainsi, bien que pendant le TP, il apparaisse clairement que ce binôme d'élèves prend conscience que de l'eau est formée, que cette eau est détectée par un test chimique[49], la réaction chimique est, pour eux, basée sur l'aspect purement perceptible de l'expérience et non sur son aspect reconstruit.

b) Analyse des comptes rendus de TP

Nous nous limitons ici à présenter de l'analyse de la partie des comptes rendus en rapport avec nos questions de recherche.

- Question c.2 : *Comment peut-on en être sûr ?*

On demandait aux élèves comment ils pouvaient être sûrs d'avoir effectivement utilisé de l'acide et de l'alcool pour effectuer leur expérience. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant[50]

---

[49] Comme nous l'avons précisé précédemment, de l'eau au sein d'un mélange est, dans notre méthode de catégorisation, un objet reconstruit car l'eau n'est pas vue, elle est seulement mise en évidence.

[50] Dans tous les tableaux de résultats, les codes suivants sont utilisés : (O) = objet perceptible, (E) = événement perceptible, (P) = propriété d'un objet ou d'un événement perceptible, (o) = objet reconstruit, (é) = événement reconstruit, (p) = propriété d'un objet ou d'un

montre que dans 70% des cas, les élèves font appel au monde perceptible pour quand on leur demande comment il identifie les échantillons qu'ils utilisent dans leur expérience. On remarque que 20 des 30% restant utilise une réponse conjoncturelle puisqu'il s'agit de la chromatographie, utilisée dans la séance de TP précédente. Cette réponse n'avait pas été prévue lors de notre analyse a priori.

	La (N=18)[51]	Lf (N=10)	Lc (N=14)
monde perceptible	14 8 (O), 1 (E) et 5 (P)	9 3 (E), 6 (P)	10 4 (O), 4 (E), 1 (P), 1 [(E),(P)]
monde reconstruit	2 2 (p)		3 1 (o), 2 (p)
relations entre les deux mondes	5 [(E),(é)] chromatographie, test pH		4 [(E),(é)] chromatographie, test pH
fusion de niveaux[52]	1		

Exemple[53] de productions d'élèves suivant les catégories :
(O) : AR_a[54]: « *en regardant sur les boîtes* ».
(E) : LD_a : « *car on a fait nous même ce mélange* ». E : JP_F : « *car on les a identifiés au départ* ».
(P) : NM_a : « *le mélange qui était homogène* ». P : JA_F : « *grâce à l'odeur et à l'apparence* ».
[(E),(P)] : SS_c : « *puisqu'on a versé le mélange homogène contenant l'acide + l'alcool* ».

événement reconstruit. On note entre crochets les relations entre deux sous domaines, par exemple [(E),(P)] signifie une relation entre un événement perceptible et une propriété perceptible. On utilise la notation [(M),(m)] quand la relation entre les deux mondes fait intervenir plus de deux sous-domaines.

[51] N est le nombre de comptes rendus récupérés, qui correspond approximativement à la moitié du nombre d'élèves de la classe, les élèves travaillant en binôme et ne remplissant qu'un compte rendu pour deux. Les nombres dans le tableau correspondent aux nombres d'occurrences de chaque catégorie repérée dans le compte rendu. Il peut dépasser le nombre de comptes rendus, car la réponse d'un élève peut fournir des informations qui appartiennent à plusieurs catégories.

[52] Nous analysons comme fusion de niveaux la réponse : « l'acide a brûlé les molécules d'alcool » pour laquelle il est donné à un objet reconstruit (les molécules d'alcool) une propriété (pouvoir brûler) qui n'est définie que pour des objets perceptibles.

[53] (O) : AR_a signifie qu'il s'agit d'un exemple trouvé sur le compte rendu des élèves A et R du lycée Aragon.

[54] On note AR_a le binôme AR du lycée La.

(p) : CP_c : « *car on a testé que ces deux espèces chimiques ne contenaient pas d'eau* ».

- Question c.3 *: Que peut-on dire des espèces chimiques dans le tube après qu'il a été chauffé puis refroidi ?*

	La (N=18)[55]	Lf (N=10)	Lc (N=14)
monde perceptible	2 2 (P)		10 6 (O), 4 (P)
monde reconstruit	14 13 (o), 1 (é)	8 8 (o)	5 2 (o), 1 (é), 2 (p)
relations entre les deux mondes			1 1 [(O),(o)]

Sur 40 réponses, on en a 30 (75%) qui utilisent les objets ((o) ou (O) ou [(O),(o)]).
Par exemple : (O) : NY_c : « *il y a deux phases* ».
(o) : LR_a : « *l'eau est une des espèces chimiques présentes dans le tube* ».
[(O),(o)] : VK_c : « *il y a toujours les deux mêmes espèces chimiques* (o) *mais deux phases* (O) ».

- Question c.4 ; *Comment peut-on expliquer cela ?*

On constate que sur les 70 réponses, 14 (20%) se situent dans le monde perceptible, 35 (50%) dans le monde reconstruit et 21 (30%) établissent une relation entre les deux mondes. Bien que la « bonne » classe utilise à elle seule le monde reconstruit plus que les deux autres classes réunies, tous les types de réponses apparaissent dans les trois classes.

[55] N est le nombre de comptes rendus récupérés, qui correspond approximativement à la moitié du nombre d'élèves de la classe, les élèves travaillant en binôme et ne remplissant qu'un compte rendu pour deux. Les nombres dans le tableau correspondent aux nombres d'occurrences de chaque catégorie repérée dans le compte rendu. Il peut dépasser le nombre de comptes rendus, car la réponse d'un élève peut fournir des informations qui appartiennent à plusieurs catégories.

	La (N=18)[56]	Lf (N=10)	Lc (N=14)
monde perceptible	3 2 (E), 1 (P)	3 1 (E), 2 (P)	8 5 (E), 3 [(O),(E)]
monde reconstruit	18 2 (o), 12 (é), 4 (p)	7 1 (o), 3 (é), 2 (p), 1 [(o),(é)]	10 4 (o), 2 (é), 3 (p), 1 [(o),(p)]
relations entre les deux mondes	6 3 [(E),(é)], 1[(P),(p)], 1[(M),(m)], 1 [(P),(o)]	8 6 [(E),(é)], 1 [(M),(m)] 1 [(P),(é)]	7 4 [(E),(é)], 1 [(M),(m)], 1 [(E),(o)], 1 [(P),(p)]

Exemples :
[(E),(é)] : TV_C : « lorsque l'on chauffe, on obtient de la vapeur d'eau ». On doit effectivement catégoriser une telle production [(E),(é)] car l'élève chauffe un mélange d'alcool et d'acide, ce qui est un événement perceptible (E), concernant les objets perceptibles que sont les liquides identifiés comme alcool et acide par les étiquettes apposées sur les flacons. Les élèves relient ce chauffage à l'obtention de vapeur d'eau, ce qui correspond à une reconstruction qui les conduit à décider que le petit brouillard observés dans la colonne de Vigreux est, de leur point de vue, de la vapeur d'eau[57].
[(é)] : rencontré plusieurs fois « *…une réaction entre l'acide et l'alcool qui a donné une nouvelle espèce chimique synthétique* ».
[(P),(o)] : CG_a « le sulfate de cuivre est bleu donc il y a de l'eau » ; « être bleu » est une propriété perceptible du sulfate de cuivre et « il y a de l'eau », sachant qu'il s'agit de l'eau contenue dans un mélange, est donc non perceptible c'est-à-dire reconstruite. Nous avons constaté dans ce travail et dans d'autres travaux que les élèves qui établissent des relations entre les deux mondes utilisent presque toujours deux sous-domaines de même nature. Cela se traduit dans les tableaux par [(O),(o)], [(P),(p)] ou [(E),(é)]. Ce cas [(P),(o)] est rare.

---

[56] N est le nombre de comptes rendus récupérés, qui correspond approximativement à la moitié du nombre d'élèves de la classe, les élèves travaillant en binôme et ne remplissant qu'un compte rendu pour deux. Les nombres dans le tableau correspondent aux nombres d'occurrences de chaque catégorie repérée dans le compte rendu. Il peut dépasser le nombre de comptes rendus, car la réponse d'un élève peut fournir des informations qui appartiennent à plusieurs catégories.

[57] Ce petit brouillard n'est bien évidemment pas de l'eau mais un mélange des différents constituants du liquide (loi de Raoult). Dire que c'est de l'eau est une reconstruction au sens de notre cadre théorique.

Conclusion

Ces résultats montrent que lors de la réflexion organisée pendant un TP, les élèves mettent en jeu une variété plus grande d'arguments que lors d'une vidéo. Cette variété peut être due à deux principales causes : le temps dont dispose l'élève pour développer son argumentation, et la richesse du contact avec les véritables objets de la chimie, comparé à l'utilisation de la seule vidéo.

Dans le cas de la vidéo, l'argument reconstruit de l'apparition d'une nouvelle espèce chimique pour évoquer la présence de la réaction chimique est peu utilisé. Il l'est un peu plus lors du TP. Les élèves fournissent surtout des arguments de type perceptible, qu'ils soient ou non acceptables d'un pur point de vue de la chimie.

REFERENCES

Johnstone A.H. (1993) *The development of Chemistry Teaching, a Changing Response to Change Demand.* J. Chem. Educ. **70** , p.701-705.

Laugier A ., Dumon A. (2000) *Travaux pratiques en chimie et représentation de la réaction chimique par l'équation-bilan dans les registres macroscopique et microscopique : une étude en classe de seconde (15 – 16 ans).* Chemistry Edcation Research and Practice in Europe , **1,** p.61-75.

Le Maréchal J.-F. (1999a) *Modeling Student's Cognitive Activity During The Resolution of Problems Based on Experimental Facts in Chemical Education*. Practical Work in Science Education, Coppenhagen, p. 195-209.

Le Maréchal J.-F. (1999b) *Design of Chemistry Labwork Activities Aiming at Teaching Basic Chemical Concepts.* Fourth European Science Education Summer School. Marly le Roi, 1998 p.68-80.

Tiberghien A. (1994) *Modeling as a basis for analyzing teaching – learning situations.* Learning and Instruction **4 ,** p.71-87.

Solomonidou C., Stavridou H. (1994) *Les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique. »* Aster **18** , p.75-95.

ANNEXE

(Questionnaire donné aux élèves de collège comme base du débat relatif à la vidéo.)

1) a) Combien de composés chimiques interviennent-ils au cours de cette vidéo ?
   b) Donner leur nom.
2) Quelques gouttent du contenu du tube de gauche (l'acide) ont été mises sur du sulfate de cuivre anhydre.
   a) Qu'avez-vous constaté ?
   b) Que pouvez-vous en déduire ?
3) On a effectué de même pour le contenu du tube de droite (l'alcool).
   a) Qu'avez-vous constaté ?
   b) Que pouvez-vous en déduire ?
4) Lors du mélange du contenu des deux tubes, c'est-à-dire l'acide et l'alcool, le mélange reste homogène. Expliquer ce que cela veut dire.
5) Décrire ce que l'on a fait ensuite.
   a) Qu'avez-vous constaté ?
   b) Que pouvez-vous en déduire ?
6) a) Combien de réactions chimiques ont été mises en jeu au cours de cette vidéo ?
   b) Les décrire le plus simplement possible.

ENSEIGNER LA RECHERCHE D'INFORMATION EN EDUCATION TECHNOLOGIQUE

Pascale Brandt-Pomares

IUFM - UNIMECA
Technopôle de Château-Gombert

Cette communication présente les premiers résultats d'une recherche menée dans le cadre d'un travail de thèse.

L'enseignement de la recherche d'informations sur Internet apparaît en technologie dans les programmes de la classe de 4e du collège en 1997.

Internet poursuit son développement dans la société française. La stabilisation de ces usages est encore incertaine ; alors qu'en même temps l'école se voit assigner un rôle à tenir dans ce développement. L'Éducation Nationale doit participer à la familiarisation des élèves avec les usages d'Internet, comme le font par ailleurs diverses autres initiatives (Brandt, Ginestié, 2000). Pour toutes les disciplines, il s'agit surtout d'apprendre grâce aux nouvelles technologies, mais dans l'unité *consultation et transmission de l'information du programme de technologie* (MEN, 1997) il s'agit avant tout d'apprendre à mettre en œuvre l'outil. Dans cette unité d'enseignement, l'élève doit être mis en situation de rechercher de l'information. Notons qu'en l'absence de connexion à Internet, le programme préconise cette mise en œuvre sur des sites capturés (Brandt, 1999, 2000). Comme pour le reste de la discipline, cet aménagement montre que c'est la manipulation qui est avant tout privilégiée. Cette prégnance de l'action fait passer au second plan les savoirs-faire incorporés et qu'il faut pourtant maîtriser pour mettre en œuvre l'activité.
Le concept de transposition didactique développé par Y. Chevallard (1991) et mis à l'épreuve dans l'ouvrage du même nom par différents auteurs dès 1994 (la transposition didactique à l'épreuve) n'a cessé d'être questionné. Certains chercheurs ont essayé d'appliquer ce

concept aux enseignements relatifs aux usages de l'outil informatique. J.F Lévy dans ces travaux sur l'usage raisonné d'un ordinateur, et plus particulièrement dans sa thèse, considère que la transposition didactique s'applique à des savoirs de référence qui ne peuvent être que des savoirs savants.
Pour M. Miled la transposition didactique bute sur certaines limites dans la mesure où pour ce qu'il appelle l'enseignement de l'informatique : le savoir de référence savant est mouvant. Les besoins sociaux professionnels ne se délimitent pas forcément par rapport à la discipline informatique mais aussi par rapport à d'autres disciplines. Pour lui, la transposition n'est pas facile parce qu'elle porte sur des savoirs-faire qui se développent davantage grâce à la pratique et à la formalisation de cette pratique.

Or, il semble que la transposition devrait porter sur des savoirs experts (Ginestié 1999; Johsua, 1996) en ce sens que les objets de savoirs qui doivent devenir objet à enseigner relèvent de savoirs sur les pratiques et donc d'un construit sur les pratiques. Pour ce qui concerne la recherche d'informations la difficulté réside dans la faiblesse de la transposition externe. C'est à dire celle qui est opérée avant que l'enseignant ne s'empare de l'objet à enseigner qui deviendra sous son action objet enseigné. Avec une approche en terme de savoirs experts la question des pratiques sociales est réinterrogée.

Les savoirs experts d'un internaute qui affine sa recherche, la précise, la reformule… est encore loin d'être véritablement prise en compte dans l'enseignement. Que faut-il apprendre pour savoir comme l'expert prendre des décisions à chaque stade de sa recherche ? Au-delà de la description des pratiques expertes, de l'intériorisation des procédures familières qui s'enrichissent avec la pratique, on voit bien que le développement d'un usage généralisé d'Internet à l'école pose des problèmes du point de vue du processus d'enseignement-apprentissage.
L'introduction de ce nouvel objet ne va donc pas de soi. Son enseignement se heurte à plusieurs difficultés. En tout premier lieu la définition des savoirs qui doivent être mis en jeu dans les situations, mais aussi l'intégration dans l'économie générale de la discipline où l'apprentissage des logiciels est très présent et l'organisation scolaire assez particulière.

1. L'apprentissage des logiciels

L'enseignement privilégie une approche des logiciels techno centrée. Le but qui consiste à maîtriser un logiciel peut occuper tout le temps disponible et laisser peu de place voire empêcher de mettre en évidence les situations dans lesquelles « l'outil » est opérationnel. Cet enseignement, bien que nécessaire dans une certaine mesure, a malheureusement tendance à devenir la priorité et se diffuse facilement grâce aux didacticiels et autres modes d'emplois.

2. L'organisation de l'enseignement propre à la discipline

Le travail en ateliers tournants est une organisation fréquente dans les situations de classe mettant en jeu du matériel. Cette organisation s'appuie sur les vertus du travail en petits groupes mais c'est surtout le manque de matériel, pas toujours informatique d'ailleurs, qui conduit les enseignants à faire coexister dans une même séance et simultanément des situations d'enseignement différentes. Cette diversité d'activités en simultané accroît les difficultés d'organisation et nécessite une certaine " autonomie " de la part des élèves puisque l'enseignant doit gérer plusieurs situations en même temps. Dans cet esprit, les consignes sont souvent communiquées aux élèves par le biais de "fiches guides" qui leur indiquent pas à pas ce qu'il convient de faire dans la séance. Ainsi pour qu'ils puissent "se débrouiller" et avancer sans faire appel à l'enseignant, ce dernier a anticipé sur les difficultés et prévu un document pour que l'élève n'ait pas à le solliciter. Comme la réussite de la tâche dépend de la difficulté de celle-ci, la tendance est de réduire la difficulté par découpage successif en sous tâches, jusqu'à aboutir finalement à une description de procédures à suivre. Cette liste d'opérations détaillées garantit à l'élève d'aller jusqu'au bout, sans faire d'erreur, en parfaite autonomie, mais pas forcément d'apprendre.

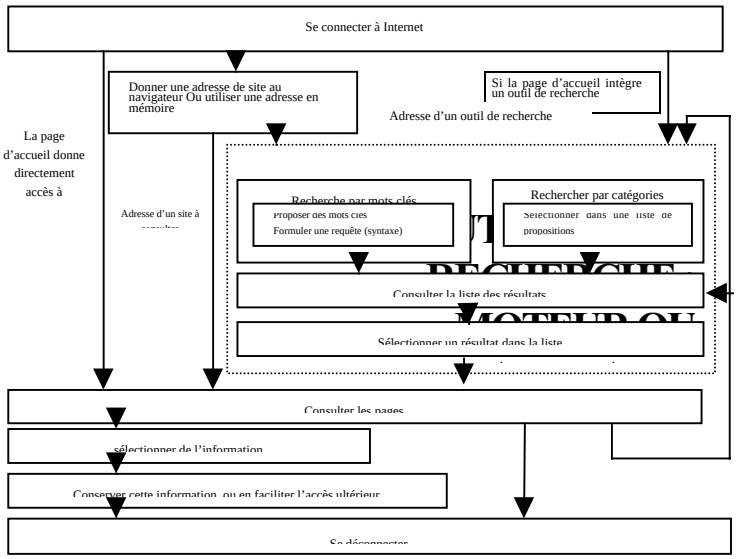
Dans ces situations d'enseignement où l'élève n'a qu'à exécuter ce qui lui est demandé sans éprouver aucune difficulté, les obstacles sont gommés et l'élève n'a pas à les franchir par lui-même. Ce n'est pas seulement le cas pour Internet, c'est aussi vrai pour la mise en œuvre

de machines (Ginestié, 1999) ou d'autres matériels pour lesquels les élèves n'ont qu'à s'en tenir à une marche à suivre. Mais dans le cas d'Internet, si les élèves exécutent une "recherche" en suivant une procédure préétablie, c'est à dire sans avoir à résoudre aucun problème par eux-mêmes, seront-ils capable de transférer leur pratique pour une autre recherche ?

Pour essayer de mieux comprendre ce qu'un élève doit être capable de faire pour effectuer une recherche sur Internet, nous nous sommes tourné vers l'étude des pratiques, celles d'internautes chevronnés comme celles des élèves.

L'étude de la pratique d'internautes adultes ayant un usage fréquent d'Internet à des fins de recherche d'informations s'est faite à partir d'observations et d'entretiens. Trois personnes ayant un usage, tant professionnel que privé, mais n'en faisant pas leur métier, ont accepté de répondre à la question comment effectuez-vous une recherche sur Internet ? Ils ont répondu en montrant en même temps sur leur propre ordinateur. L'entretien individuel avec ces trois personnes qui utilisent Internet à des fins de recherche d'informations quasi quotidiennement, ainsi que l'étude de leur pratique a permis de décrire leur activité et de la formaliser dans un seul schéma que les trois personnes ont ensuite approuvé (fig 1).

Fig 1 Activité de consultation d'informations sur Internet



Cette description commence à éclairer l'identification de certains savoirs en jeu dans la recherche d'informations sur Internet, car elle nous permet de dire que l'expert (au sens de celui qui sait) est capable :

- de se repérer sous le flot des informations auquel Internet donne accès,
- de rendre compte des possibilités de se déplacer dans le réseau et des potentialités que cela offre,
- d'accéder à des informations variées, nombreuses, émises par des sources multiples ou dans des langues différentes,
- de les trier,
- de trouver un ou plusieurs bons mots clefs,
- d'utiliser des opérateurs de recherche,
- d'adapter le moteur à sa recherche,
- de choisir de rechercher dans un index,
- de sélectionner dans des listes de résultats pléthoriques, etc.

Par ailleurs, une première analyse de l'observation d'une séance de consultation sur Internet, suivie de six entretiens libres, a permis de faire émerger certaines difficultés que les élèves rencontrent lorsqu'ils utilisent Internet pour rechercher de l'information et quelques unes de leurs conceptions. Regroupées par grands thèmes nous ne citerons que celles qui semblent le plus soulever de problèmes.

En tout premier lieu vient la question de la référence. Aucun des élèves ne remet en cause ce qui est avancé dans les documents. Ce qui devait déjà être vrai avec la télévision ou la presse écrite s'accentue avec Internet, car les six élèves pensent tous, que n'importe qui ne peut pas mettre en ligne tout ce qu'il veut. Certains pensent, qui plus est, que les documents sur Internet sont tous vérifiés -sans d'ailleurs toujours savoir par qui-. Ils pensent en outre qu'une information dont ils ont eu connaissance par Internet ne peut disparaître ni même varier dans le temps. Les concepts de sources d'information, de qualité de l'information, ne sont jamais évoqués même implicitement.

Vient ensuite l'absence de représentation de la structure du réseau et donc d'arborescence. Pourtant familier de l'usage des liens hypermédias, les élèves ne savent pas qu'ils peuvent passer d'une page à une autre et même changer de site. L'adresse n'est jamais évoquée comme repère dans la navigation. Pourtant ils se plaignent de finir par ne plus savoir se repérer alors que la facilité d'utilisation les a conduit à se déplacer de clics de souris en clics de souris d'un site à un autre. Pour éviter de se perdre, certains élèves utilisent la fonction page précédente pour revenir à la page de liens du moteur qu'ils utilisent pour leur recherche. Cette stratégie consiste à dérouler un fil d'Ariane pour retrouver leur point de départ.

Le dernier thème concerne l'indexation de l'information. Les notions de mots clefs et de moteurs de recherche sont obscures pour les élèves. Ils écrivent des termes dans le masque de saisie de la recherche en pensant que l'ordinateur va chercher de lui-même et comme par magie "*tout ce qui est en rapport avec ces termes*".

Conclusion.

Ces premiers résultats méritent d'être confirmés, mais indiquent tout de même clairement l'éloignement qu'il y a entre les pratiques. Ils mettent bien en évidence la nécessité d'un enseignement qui aille au-delà d'une familiarisation trop superficielle pour réduire l'écart entre les pratiques. Il faut non seulement permettre aux élèves de pratiquer par eux-mêmes, mais il faut aussi mettre à leur disposition les savoirs-faire nécessaires pour entrer dans la pratique. Cet enseignement est d'autant plus important que certains enfants n'auront de contact avec ces nouvelles technologies qu'à l'école. Cela renforce la mission d'éducation pour tous de l'éducation technologique en tant qu'enseignement général. Si le but visé est bien de préparer l'élève à se tirer d'affaire seul dans une recherche d'informations sur Internet, la mise en œuvre d'une recherche guidée comme le sont traditionnellement les activités en technologie peut s'avérer utile dans un premier temps mais ne suffit pas. Il faut que les élèves soient mis en situation d'avoir à résoudre des problèmes en surmontant des obstacles. C'est une condition pour que la pratique des élèves puisse s'enrichir et tendre vers celle des experts.

REFERENCES

Arsac G., Chevallard Y., Martinand J-L., Tiberghien A, -- La transposition didiactique à l'épreuve, Grenoble, Editions La pensée sauvage, 1994.

Brandt-Pomares P. et Ginestié -- Apprentissages et Internet - Apprendre l'usage d'Internet en éducation technologique, Colloque information et communication. Le ciment des nations d'info 2000 à e-Europe, Marseille, Form-Ami, Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Marseille, Ecole de Journalisme et de Communication de Marseille, 12-13 octobre 2000.

Brandt-Pomares P--. What kind of learning is significant of technology education in consulting of web sites, International conference for technology Education - Consequences and coming challenges as engedered by a global perspective, Braunschweig, Technical university Braunschweig, Wocate, 24-27 septembre 2000.

Brandt-Pomares P. -- L'introduction des technologies de l'information dans l'enseignement de la technologie, XXIe journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industrielles, technologies-Technologie, Chamonix, LIREST, LDES, 22-26 mars 1998.
Chevallard Y. -- La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné, Grenoble, La pensée sauvage, Nouvelle édition 1991.
Dupin J.J. et Johsua S. -- Conceptions, obstacles, ingénierie et contraintes, Skholê, 6, 1997, p.89-104.
Johsua S. -- Le concept de transposition didactique n'est-il propre qu'aux mathématiques ?, In C. Raisky, M Caillot (EDS.), Au-delà des didactiques, le didactique, Bruxelles, De Boeck , 1996. pp 61-73.
Ginestié J. -- Contribution à la constitution de faits didactiques en éducation technologique, Note de synthèse pour l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches, Aix en Provence, Université de Provence, 1999.
Lévy J.F. -- Enseignement et apprentissage du traitement de texte en formation initiale – Thèse, Université Paris V René Descartes Sciences humaines Sorbonne, directeur G. Vergnaud, 1990.
Miled M. -- Quels concepts opératoires en didactique générale peut-on interroger pour la constitution d'une didactique de l'informatique ? in Actes de la cinquième rencontre francophone sur la didactique de l'informatique, Monastir, INBMI AFDI, P 207, 1996.
Ministère de l'Éducation Nationale. -- Nouveaux programmes du cycle central, Bulletin Officiel Hors Série N°1, du 13 février 1997.

RAPPORT AU(X) SAVOIRS(S)

" RAPPORT AU SAVOIR ET APPRENTISSAGES SCIENTIFIQUES :

QUELLE METHODOLOGIE POUR ANALYSER LE TYPE DE RAPPORT AU SAVOIR DES ELEVES ? "

Jean-Louis Chartrain
Michel Caillot

Education & Apprentissages
45 rue des Saints Pères
75270 Paris Cedex 06

Mots-clefs

apprentissages scientifiques - *Rapport au savoir* - méthodologie - conceptions - changement conceptuel - différenciation

Résumé

L'évolution différenciée des conceptions qui apparaît entre élèves au terme des apprentissages scolaires fait penser que des processus différenciateurs agissent non seulement en amont de l'apprentissage, côté origine sociale, mais aussi au cours des apprentissages. La dynamique même d'apprentissage semble différenciée entre les élèves au niveau de leur engagement plus ou moins prononcé dans les activités d'apprentissage mais également au niveau de leur conception de l'école et de leur activité scolaire.

Notre hypothèse est que le *Rapport au savoir* de l'élève intervient comme processus différenciateur du changement conceptuel. Il nous faut donc dégager le type de *Rapport au savoir* avec lequel chaque élève fonctionne au cours des séquences d'enseignement.

En dehors des *Bilans de savoir*, nous ne disposons pas d'instruments d'analyse du *Rapport au savoir* qui soient à la fois adaptés aux élèves des classes élémentaires et au champ didactique. Nous présentons ici la méthodologie que nous avons progressivement construite afin de qualifier le type de *Rapport au savoir* de chaque élève. Après avoir rappelé l'origine et les diverses acceptions du concept de *Rapport au savoir*, nous présenterons les différents instruments que nous avons élaborés, les objectifs qu'ils poursuivent et comment nous traiterons les données qu'ils ont permis de recueillir auprès des élèves de CM2.

Introduction

Lors des premières rencontres de l'ARDIST, nous avons présenté nos travaux relatifs à la différenciation entre élèves dans les apprentissages scientifiques relevant du domaine du volcanisme (Chartrain et Caillot, 1999). Cette différenciation touche les conceptions initiales des élèves mais aussi leur évolution après apprentissages. Constatant qu'une analyse sociologique traditionnelle n'épuise pas tous les aspects de la différenciation observée, nous avions alors pris appui sur le concept de *Rapport au savoir* pour montrer que la différenciation conceptuelle entre élèves est en partie tributaire du type de *Rapport au savoir* avec lequel l'élève fonctionne en situation didactique. Dans cette nouvelle communication, nous développons la méthodologie mise au point pour parvenir à dégager le type de *Rapport au savoir* des élèves.

Notre problématique de la différenciation entre élèves porte sur les apprentissages scolaires scientifiques, particulièrement dans le domaine du volcanisme (mais aussi ceux du système solaire et de la digestion). Nos variables didactiques sont donc représentées par les conceptions des élèves et par leur évolution (conceptions Avant et Après apprentissage). Nous nous appuyons sur trois grandes conceptions Locale, Centrale et Globale du volcanisme, référencées aux repères épistémologiques de la discipline. Afin de mieux percevoir la différenciation, notre analyse a pris en compte des catégories plus fines qui sont : Locale et Locale + , Centrale et Centrale +, Préglobale (la conception Globale du volcanisme n'étant pas à la portée des élèves de CM2). (voir Chartrain et Caillot, 1999 ; Chartrain, 1998).

Puisque nous posons par hypothèse que, outre les facteurs sociologiques, le *Rapport au savoir* de l'élève influence son évolution conceptuelle, nous prenons en compte une variable dite *Rapport au savoir* que nous mettons en relation avec les conceptions des élèves de notre échantillon, composé de plusieurs classes de CM2. Plus précisément, notre hypothèse est que plus le *Rapport au savoir* de l'élève est développé, plus son évolution conceptuelle est ample.

1. Le concept de Rapport au savoir

Introduite récemment dans le champ didactique, la notion de *Rapport au savoir* puise ses origines dans divers cadres théoriques dont le plus connu est celui de la microsociologie avec les travaux de Charlot (1997). Beillerot (1996) indique que Charlot a construit cette notion à partir de celle de rapport social via un article de Bisseret, elle-même l'ayant emprunté à Bourdieu et Passeron. Laot (1999) signale, pour sa part, que cette notion serait apparue dans les années 60 dans le cadre de la Formation des adultes, autour du CUCES de Nancy. Le concept de *Rapport au savoir* est également utilisé par des cliniciens d'inspiration psychanalytique, de Paris X (Beillerot & Blanchard-Laville). Dans le champ didactique, on connaît les travaux de Chevallard (1992) qui distingue un *Rapport au savoir* institutionnel d'un rapport personnel au savoir.

Comme tout concept nomade, la notion de *Rapport au savoir* risque de voir son sens se diluer d'un champ de recherche à l'autre. L'un d'entre nous (Caillot, sous presse) propose d'expliciter et d'assumer le cadre auquel on se réfère lorsque l'on utilise ce concept dans le champ didactique. Conscient qu'un travail d'adaptation de cette notion doit être mené, il envisage de distinguer un emploi du concept dans son expression au singulier, le *Rapport au savoir*, entendu alors comme un *rapport à l'apprendre* ; cette acception renvoyant à toute relation vis-à-vis de l'apprentissage et du savoir comme processus de connaissance. D'autre part Caillot pense qu'il faut introduire une seconde acception dans laquelle les termes Rapports et Savoirs sont entendus au pluriel, *des rapports à des savoirs X ou Y*, ceci pour

renvoyer, cette fois, à la relation entretenue avec les domaines et avec les objets de savoir.

Pour étudier la différenciation qui apparaît entre élèves dans leur évolution conceptuelle, nous avons besoin de connaître le type de relation que chaque élève a construit avec l'école et avec l'acte d'apprendre. Ce *Rapport au savoir* s'est constitué dans les divers cadres de vie de l'élève : dans son cadre familial lui-même imprégné des habitus de son groupe social et dans son cadre scolaire. Le *Rapport au savoir* de l'élève est donc le résultat du travail de combinaison et d'articulation que l'élève a mené entre un *Rapport au savoir* issu de sa vie socio-familiale et un *Rapport au savoir* issu de son expérience scolaire (Rochex, 1995). Le type de rapport à un savoir spécifique mis en œuvre dans une relation didactique est ainsi lié à une histoire personnelle ou singulière.

Notre objectif de recherche est d'examiner si ce rapport singulier, privé, de l'élève au savoir intervient dans son évolution conceptuelle et d'autre part d'évaluer le poids de cette variable dans la genèse ou la réduction des écarts entre élèves. C'est pourquoi nous avons choisi le concept proposé par Charlot, concept directement centré sur le sujet qui apprend. Le *Rapport au savoir* est une relation de sens, de valeur entre l'individu et les processus ou les produits de savoir. *Quel sens cela a pour moi, élève, d'apprendre ? et d'apprendre telle notion dans tel domaine ? quel est le sens de mon activité scolaire? qu'est-ce qu'apprendre ? et qu'est-ce qu'apprendre à l'école : est-ce écouter et retenir, faire ou bien est-ce autre chose ?*

Charlot indique par ailleurs qu'il faut distinguer entre rapport à l'Ecole (comme institution) et rapport à l'Apprendre. Notre objectif n'étant ni de préciser cette distinction ni d'approfondir ces deux concepts et puisque l'élève fonctionne en classe sur une combinaison de son rapport à l'apprendre avec son rapport à l'école (combinaison que l'on peut appeler son *Rapport au savoir*), notre variable "*Rapport au savoir*" sera en fait une valeur qui représente la combinaison des deux rapports au moment de la scolarité de l'élève en CM2. Nous emploierons le terme "Rapport à l'apprendre" seulement lorsque nous voudrons mettre l'accent sur le versant "apprentissage", laissant alors provisoirement de côté le rapport de l'élève à l'Ecole.

2. Les instruments méthodologiques du *Rapport au savoir*

Le problème méthodologique que nous affrontons **est lié à la particularité de la variable "*Rapport au savoir*".** En effet, et contrairement aux variables sociologiques habituelles, cette dernière n'est pas un fait (comme la variable sexe), ni une donnée qui s'appréhende à partir d'indices simples ou peu nombreux comme dans le cas de la variable sociologique PCS (Professions et Catégories Sociales). La variable "*Rapport au savoir*" ne peut être issue que de la synthèse de plusieurs indicateurs.
Parvenir à identifier le type de *Rapport au savoir* d'un élève se révèle plutôt difficile car :

- le *Rapport au savoir* est de l'ordre de l'intériorité de l'élève (de sa logique psychique),
- le *Rapport au savoir* est une construction, donc quelque chose de mouvant, et cette construction agit comme processus dans les apprentissages ; il y a une dimension éphémère liée à la situation scolaire et didactique, liée à la nature de l'objet de savoir rencontré et à l'activité demandée à l'élève ainsi qu'à la représentation qu'il s'en fait.

Comment cerner une variable située du côté des processus et non pas des produits ? Le *Rapport au savoir* ne peut être appréhendé qu'indirectement sur la base de deux types de productions fournies par l'élève :

- ses attitudes et comportements (à l'école, dans l'activité didactique, à la maison [devoirs]), c'est-à-dire à partir de ce qu'il est, montre, renvoie… C'est la manifestation quasi physique de ses représentations, de ce qu'il en active en classe.
- et ce que l'élève dit de son activité scolaire, de son activité d'apprentissage, ce qu'il dit du savoir, de l'objet de savoir rencontré (intérêt ?), ce qu'il dit de l'école et de l'acte d'apprentissage.

Si l'enseignant peut faire des relevés d'attitudes et de comportements, le chercheur ne peut être sûr que ces relevés soient suffisamment fréquents, exhaustifs et ciblés, ni assez distanciés. Il est donc

nécessaire de mettre en œuvre **des outils méthodologiques qui portent** plutôt **sur ce que l'élève dit de son activité à l'école.** Ce type d'expression étant loin d'être fréquent et spontané, nous avons dans ce but repris des outils éprouvés (les bilans de savoir) mais aussi créé, testé et mis au point quelques autres instruments.

2.1 Les bilans de savoir

Pour ses recherches, l'équipe ESCOL de Paris 8 a utilisé deux outils principaux qui sont les "Bilans de savoir" et des entretiens semi-directifs approfondis (Charlot, 1997) :
"*Le Bilan de savoir est un instrument inventé lors de la recherche sur les collèges. Les élèves écrivent un texte à partir de la consigne suivante :* 'Depuis que je suis né, j'ai appris plein de choses, chez moi, dans la cité, à l'école et ailleurs…Quoi ? Avec qui ? Qu'est-ce qui est important pour moi dans tout ça? Et maintenant, qu'est-ce que j'attends ? ".

Cet instrument est destiné à connaître ce qui, dans la sphère de l'école et de l'apprendre, fait sens pour l'élève, ce qui a de l'importance et de la valeur pour lui. Parmi la grande diversité des expressions recueillies par ce moyen, les chercheurs veulent repérer des régularités permettant d'identifier "*des processus de construction, d'organisation et de catégorisation du monde permettant de faire sens*." Le dépouillement s'effectue sur la base d'indicateurs regroupés en six ensembles qui sont : les apprentissages évoqués, les lieux et les agents auxquels ces apprentissages se réfèrent, les enjeux exprimés par l'élève, la forme des textes et leur dominante (de ton ou de thème), enfin le traitement du temps.

Nous avons repris l'idée du *Bilan de savoir*, mais comme nous visons des élèves de l'enseignement primaire, avec en plus une perspective didactique, nous avons adapté l'instrument à de plus jeunes élèves tout en le recentrant sur les apprentissages scolaires.
Le "***Bilan de savoir***" est fait à la rentrée et plus tard quand l'année est bien avancée ; il comporte quatre entrées (sous forme de questions ou de consignes d'explicitation) :

- la première reprend en partie celle de l'équipe ESCOL mais se recentre sur les apprentissages scolaires : *Ecris ce que tu as appris à l'école depuis le CP / depuis le début de l'année* ;
- la deuxième entrée porte sur les enjeux éventuellement perçus par l'élève : *Dis ce qui te paraît important à l'école et dans ce que tu viens de citer à la question 1* ;
- la troisième question, qui ne figure pas dans les bilans de savoir de l'équipe ESCOL, porte sur la conception de l'Apprendre que l'élève a pu construire : *Dis ce que c'est qu'apprendre selon toi…*). Cette question vise davantage à cerner le rapport à l'apprendre ;
- la quatrième question de nos bilans de savoir est conçue pour inciter l'élève à expliciter sa projection dans son activité scolaire ou dans ses apprentissages : *Dis ce que tu te sens capable d'apprendre*.

L'expérience de plusieurs années sur les bilans de savoir ainsi que les travaux précédents (Chartrain, 1998) nous ont incités par ailleurs à multiplier les instruments dans le but de cerner plus précisément ce *Rapport au savoir* fait de rapport à l'école et à l'apprendre. Nous avons ainsi été amené à reprendre certains outils auparavant limités à la sphère pédagogique tout en forgeant de nouveaux instruments pour la recherche.

2.2 Les instruments nouveaux

Il y en a essentiellement trois :
- "Mes décisions pour réussir mon année de CM2",
- "Je suis un(e) élève à l'école",
- "Mon activité d'élève".

"*Mes décisions pour réussir mon année de CM2*" est un outil destiné à recueillir des éléments quant aux dispositions dans lesquelles se trouve l'élève vis-à-vis de sa scolarité : a-t-il envie de réussir, de progresser, de rencontrer des camarades, a-t-il en vue des activités scolaires ou peu, voire non scolaires ?

"*Je suis un(e) élève à l'école*" est un instrument pour recueillir des données sur le sens attribué à l'école par l'élève. "*Pourquoi viens-tu à*

l'école, avec quelles intentions…?" sont les questions qui servent d'entrée. Il s'agit là de chercher à savoir si le sens donné à l'école est de se mettre en conformité avec des attentes socio-parentales ou de se concentrer sur des apprentissages et des savoirs ou plutôt sur les aspects relationnels de la scolarité (Montandon & Osiek, 1997).

"*Mon activité d'élève*" est un outil destiné à recueillir des informations sur la représentation que l'élève s'est forgé de son activité, de son "métier d'élève" ; la première étape est un appel à l'expression libre de l'élève, puis une liste de propositions à cocher lui est fournie.

La multiplicité des instruments peut surprendre. Mais elle répond à la difficulté de cerner le *Rapport au savoir* puisque cette variable ne peut être appréhendée qu'à partir de produits. Comme ces produits sont complexes, il s'agit, d'un point de vue méthodologique, de multiplier les angles de vue afin de pouvoir opérer des recoupements, des confirmations, pour éviter les biais dûs tant aux expressions générales et polysémiques (savoir, apprendre…) qu'au vocabulaire pas toujours maîtrisé par de jeunes élèves. Il fallait également se donner plus de chances de repérer les régularités tout en évitant les incohérences.

3. L'analyse qualitative des données

Puisque nous travaillons à partir de documents écrits, le risque est d'introduire la subjectivité du chercheur par le biais de ses intuitions et hypothèses. Pour éviter cet écueil, nous recourons à une analyse de contenu en deux étapes : premièrement une analyse linguistique dont le but est de repérer le contenu manifeste sur lequel portera l'analyse, deuxièmement une analyse de ce contenu manifeste découpé en unités de sens issues de l'analyse linguistique.

3.1 L'analyse de contenu

Ce que dit l'élève de son activité à l'école est collecté à l'aide des quatre instruments présentés précédemment. Nous avons ainsi recueilli pour chaque élève des données se présentant sous la forme de plusieurs textes de longueur et de contenu fort divers. L'objectif de l'analyse de contenu est de trouver le SENS exprimé par chaque élève afin d'être en mesure de lui attribuer une valeur sur la variable *Rapport au savoir.*

L'analyse linguistique

L'analyse linguistique a consisté à relever les mots principaux, récurrents et relatifs au thème du *Rapport au savoir* : par exemple les verbes (*apprendre, écouter, faire, avoir envie de…*), les matières (*les mathématiques…*) ou les savoirs (*la division, la digestion, le récit…*). Les pronoms ont retenu notre attention en ce qu'ils indiquent un engagement flou, distant (*on*) ou au contraire un engagement plus marqué (*je, moi*). Cependant ce premier inventaire linguistique ne fournit pas le sens que l'élève dit donner à son activité scolaire. En effet, le groupement des mots en expression peut faire varier considérablement le sens et ce, jusqu'à son contraire.

Ainsi le terme "*apprendre"* prend des sens différents selon les associations de mots :

"*J'apprends*" peut indiquer une conception assez tautologique,

"*J'apprends des choses*" relève d'une conception floue de l'apprentissage,

"*J'apprends les mathématiques*" indique un sens global (apprendre des matières),

"*J'apprends la digestion*" relève d'un sens plus précis puisque l'élève fait appel à un savoir objectivé.

Il est possible de faire la même remarque avec des expressions comme "*ne..pas*" selon que l'élève écrit "*Je ne dois pas bavarder*" (souci de conformité) / "*Je ne suis pas bon en math*" (avis négatif).

Le regroupement des mots en expressions fournit des "Unités de sens" qui ont permis la construction d'une grille de lecture du contenu manifeste des différents textes fournis par chaque élève.

Pour dégager le *Rapport au savoir* avec lequel les élèves fonctionnent, les unités de sens ont dû ensuite non seulement être répertoriées, comptées, mais aussi ventilées dans des catégories indiquant des sens

différents attribués par les élèves à leur activité scolaire. Ces catégories sont issues du regroupement des unités de sens selon des indicateurs fournis d'une part par les travaux déjà effectués (Charlot, Bautier et Rochex, 1992) et d'autre part par notre pratique de la lecture et de l'étude des Bilans de savoirs dans le cadre de l'enseignement et dans celui de nos travaux (Chartrain et Caillot, 1999).

Les indicateurs retenus

Nous avons construit les unités de sens à partir des ensembles d'indicateurs suivants :

- l'évocation des apprentissages déclarés en termes de *matières* ou de *savoirs* nommés, objectivés,
- la capacité de l'élève à se situer dans son activité scolaire (*donne son avis ou non, en termes dichotomiques ou autrement, recours à la première personne ou à la troisième, impersonnelle*…),
- les termes employés par l'élève pour parler de son activité (*travailler, faire, écouter, choses*…),
- les termes exprimant un souci de conformité (*bien écouter, bien travailler, ne…pas*),
- les termes exprimant sa conception de l'apprendre (*écouter-retenir / faire / comprendre- chercher* /…),
- l'expression de la projection de l'élève dans le champ scolaire et dans celui des apprentissages *(pour plus tard, continuer des études, passer en 6ème, avoir un bon métier*),
- nous serons également attentifs aux termes qui révèlent des facteurs agissant, selon l'expression des psychologues, en externalité à l'élève (Ex : *avec sa musique, ma grande sœur me gêne pour apprendre mes leçons / mes parents se disputent*...) (Ecalle,1998).

La longueur des textes fournis par les élèves se révélant être différenciée, cela nous a conduit à penser que ce pourrait être un indicateur du *Rapport au savoir* ; l'analyse de contenu en unités de sens nous précise que ce n'est pas le nombre de mots mais le nombre des unités de sens qui peut servir d'indicateur.

3.2 Données recueillies

Basée sur ces ensembles d'indicateurs, l'analyse de contenu ne nous permet cependant pas encore de pouvoir attribuer une valeur à la variable *Rapport au savoir*. Et cela pour deux raisons.
La première est liée à un simple problème d'échelle des mesures : chaque discours d'élève étant passé au crible de nos indicateurs, nous obtenons des nombres représentant les occurrences des unités de sens. Or il n'est pas possible d'utiliser ces nombres immédiatement parce que la quantité de mots et d'unités de sens recensés est variable d'un discours à l'autre : par exemple si, à l'indicateur "*Utilitarisme*", on a 8 pour l'élève X et 6 pour l'élève Y, on ne peut en déduire que le *Rapport au savoir* de l'élève X a un marquage utilitariste plus fort que pour l'élève Y ; il faut tenir compte de la fréquence des unités de sens relevées *(par exemple pour l'élève X, 8 unités de sens "utilitaristes" sur un total de 184 unités de sens et pour l'élève Y, 6 unités de sens "utilitaristes" sur un total de 92 unités de sens relevées ; soit respectivement une fréquence "utilitariste" de 4,3% et de 6,5%)*.
C'est pourquoi, dans un premier temps, les occurrences ont été rapportées à une fréquence calculée en relation avec le total des unités de sens prises en compte avec l'avantage que les mesures relèvent d'une même échelle pour tout l'échantillon.
Les fréquences relevées ont été intégrées dans un tableau général qui récapitule les données : on obtient ainsi une première image concernant le *Rapport au savoir* de chaque élève.
Le tableau suivant présente un extrait de ce récapitulatif (sur 11 des 13 indicateurs).

variable *Rapport au savoir* fréquences des unités de sens selon chaque indicateur												
		indicateurs du Rapport au savoir										
élève	mots	**unités sens**	Appr. floue	pas scolaire	**Retenir**	Com-prendre	**Plai-sir**	Relation-nel	Confor-mité	**Utilita-risme**	Engage-ment	**Avis**
Ted.	257	92	3	2	41	22	1	1	7	2	16	2
Wil.	468	168	1	3	48	15	0,5	2	8	4	12	4
Noé.	479	189	0	0	12	14	0,5	1,5	5	4	26,5	34
Guil.	279	91	2	2	32	20	1	0	10	4	22	5,5
Joce.	517	162	0	0	18,5	24,5	2,5	2	6	4	31	11
Chris.	423	136	0	3,5	36	34,5	0	3	9,5	2	11	0
Thi.	743	218	0	0	14,5	41	3	1	8	3	23	5

tableau - *fréquences des indicateurs du* Rapport au savoir *pour 7 élèves de l'échantillon .*

A cette étape de l'analyse, on remarque que la richesse des données entraîne une seconde difficulté dans l'attribution d'une valeur à la variable *Rapport au savoir*. Cette difficulté est beaucoup plus importante puisqu'elle est de l'ordre de la signification non immédiate des données recueillies.
En effet le travail qualitatif d'analyse de contenu débouche sur des données quantitatives. Il est alors difficile de les synthétiser pour avoir une image du *Rapport au savoir* par élève vu le nombre de mesures enregistrées qui plus est ayant parfois un sens contraire (par exemple, la conception de l'Apprendre se répartit sur plusieurs mesures [floue / retenir / comprendre] dont le sens diverge fortement). L'image du *Rapport au savoir* de chaque élève comporte donc de multiples facettes qui rendent délicate la comparaison entre les élèves de notre échantillon.

En conséquence, ces données quantitatives ont nécessité un traitement statistique avec un double objectif. Il s'agit premièrement d'obtenir une image de la relation au savoir de chaque élève : pour cela, il est nécessaire de **mettre en valeur les liaisons entre les divers indicateurs.** Deuxièmement, il s'agit d'obtenir une image des relations de distance ou de proximité entre les élèves de notre échantillon : en fait de procéder à une catégorisation des individus, catégorisation qui nous mène à **distinguer plusieurs types de *Rapport au savoir*** dans lesquels nous puissions situer chaque élève.

4. L'analyse qualitative des données

Nous avons choisi un traitement statistique de type analyse factorielle en composantes principales normées (ACPN) qui nous donne non seulement une image de chaque élève dans le domaine du *Rapport au savoir* mais encore les proximités ou les oppositions entre élèves, conduisant ainsi à dessiner une typologie des *Rapports au savoir* par lesquels les élèves se différencient dans leurs apprentissages scientifiques.
En dehors d'un type dit *Intermédiaire* regroupant les élèves dont le *Rapport au savoir* oscille entre deux types ou est en cours de

modification, les rapports au savoir avec lesquels les élèves fonctionnent semblent se répartir en quatre principaux types :

- le Rejet (de l'activité scolaire et du savoir) ; pour ces élèves, le sens de l'école est d'en sortir ;
- le rapport Touristique à l'école et au savoir ; pour cette catégorie d'élèves, le sens de l'école est fondé sur l'aspect relationnel, profiter de l'école c'est y passer de bons moments avec les camarades; la mobilisation sur l'école semble acquise mais la mobilisation à l'école, sur les savoirs est épisodique ;
- le rapport Utilitariste concerne des élèves mobilisés à la fois sur et à l'école qui représente pour eux un moyen incontournable de succès pour l'avenir ; les apprentissages sont soumis à une visée instrumentale (l'élève apprend pour…) qui en limite probablement la portée (ces élèves se mobilisent surtout en Français et en mathématiques) ;
- enfin, le rapport axé sur le Plaisir d'apprendre et de savoir ; les élèves de cette catégorie se révèlent assez indépendants des conditions d'apprentissage et se projettent souvent à long terme dans les apprentissages.

Il est possible de considérer qu'à l'école élémentaire un *Rapport au savoir* est positif lorsqu'il est de type Utilitariste ou Plaisir (la majorité des élèves de CM2 se situe généralement dans un Rapport de type Utilitariste).

Ce traitement statistique nous permet d'envisager l'attribution pour chaque élève d'une valeur dans les divers types de *Rapport au savoir*.

Par la suite et sur cette base, un second traitement statistique (de type analyse factorielle des correspondances multiples) est nécessaire pour croiser les deux ensembles de variables sociologiques de base et celle du *Rapport au savoir* avec les variables didactiques représentées par les conceptions de l'élève *Avant* et *Après* apprentissages. Cette étape méthodologique est destinée à évaluer notre hypothèse selon laquelle les élèves relevant des *Rapports au savoir* les plus positifs (Utilitariste et Plaisir) connaissent une évolution conceptuelle plus favorable ou plus ample. Par exemple, pour le domaine du volcanisme, la majorité des élèves de CM2 passe d'une conception Locale (avant

apprentissage) à une conception Centrale (après apprentissage). Les élèves qui fonctionnent avec un *Rapport au savoir* de type Utilitariste ou Plaisir parviennent plus nombreux à une conception Centrale avancée ou à une conception Pré Globale du volcanisme.

Conclusion

Nous avons adapté au champ didactique le *Bilan de Savoir*, instrument issu de la microsociologie (Charlot, Bautier & Rochex, 1992), nous avons également forgé quelques nouveaux instruments dans le but de mieux cerner le type de *Rapport au savoir* avec lequel l'élève fonctionne en situation d'apprentissage scientifique.
Dans le champ didactique, la méthodologie du *Rapport au savoir* nécessite d'être développée et précisée : c'est une entreprise longue et difficile. Si quelques pas ont été réalisés, nous avons bien conscience que beaucoup reste à faire pour être à même de préciser le *Rapport au savoir* d'un élève avec le degré de clarté et de rigueur que requiert toute entreprise scientifique.

REFERENCES

Beillerot, J., 1996. Note sur le modus operandi du *Rapport au savoir*. In J. Beillerot, C. Blanchard-Laville et N. Mosconi (dir.), *Pour une clinique du Rapport au savoir,* 145-158. Paris : L'Harmattan.
Caillot, M., (sous presse). Rapport(s) au(x) savoir(s) et didactique des sciences. In S. Laurin et P. Jonnaert (dir.), *Milieux de pratique et intégration des savoirs didactiques*. Montréal : Presses de l'Université du Québec.
Charlot, B., 1997. *Du Rapport au savoir, éléments pour une théorie.* Paris : Anthropos.
Charlot, B., Bautier, E., & Rochex J.Y., 1992 *Ecole et savoir dans les banlieues...et ailleurs*
Paris A. Colin
Chartrain, J.-L., 1998. *Différenciation scolaire et conceptions des élèves. Entre origine sociale et réussite scolaire, la logique du sujet apprenant sur le savoir : cas du volcanisme au CM.* Mémoire de DEA présenté à l'Université René Descartes - Paris 5 (non publié).

Chartrain, J.-L., et Caillot, M., 1999. *Apprentissages scientifiques et Rapport au savoir : le cas du volcanisme au CM2*. Actes des 1ères rencontres scientifiques de l'ARDIST, 131-136. http://www.ens-cachan.fr/recherche/lirest/files/Ardist.pdf

Chevallard, Y., 1992. Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12,1, 73-112.

Ecalle, J., 1998. L'école : un monde intersubjectif de représentations entrecroisées. *Revue Française de Pédagogie*, 122, 5-18.

Laot, F., 1999. *Le Rapport au savoir : une notion en formation dans les années soixante à Nancy*. Communication au 3ème Congrès International d'actualité de la recherche en éducation et formation (Livre des résumés, p.157). AESCE : Bordeaux, 28-29-30 juin 1999.

Montandon, C., et Osiek, F., 1997. La socialisation à l'école du point de vue des enfants. *Revue Française de Pédagogie*, 118, 43-58.

Rochex, J.Y., 1995. *Le sens de l'expérience scolaire*. Paris : PUF.

CE QUE DISENT LES ELEVES A PROPOS DES ACTIVITES SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES A L'ECOLE

Joël Lebeaume

GDSTC-LIREST
ENS Cachan
61 avenue du Président Wilson
94235 CACHAN cedex
mél : lebeaume@lirest.ens-cachan.fr

1. Questions d'étude

L'enseignement scientifique et technologique à l'école élémentaire peut se décrire comme un ensemble hétérogène de moments scolaires proposés aux élèves en tâches prescrites, organisées et éventuellement étiquetées. Du point de vue des élèves, ces moments scolaires peuvent être affectés d'attributs qui assurent leur identification, leur caractérisation et leur catégorisation en matières scolaires. Si certains attributs dépendent essentiellement des élèves en tant que sujets et participent de l'élaboration de leur rapport identitaire aux matières, d'autres constituent les indices que chaque élève repère pour construire sa représentation d'un ensemble désigné par une matière scolaire et pour le distinguer d'autres ensembles. Cette construction fonde la structure cohérente identifiée par l'élève lui permettant de s'impliquer dans la tâche d'enseignement-apprentissage proposée et d'élaborer simultanément une représentation de la discipline scolaire.

Souhaitant essentiellement explorer le rapport épistémique des élèves aux matières scolaires désignées par "découverte du monde" et "sciences et technologie", nous supposons que dans leur diversité, les élèves au cours des activités qu'ils mènent, affectent des attributs différents. Nous supposons aussi que les pratiques des maîtres dans leur double logique d'enseignement-apprentissage et d'organisation

ont des effets sur les représentations constituées. Selon les indices privilégiés par les élèves, des confusions d'étiquetage seraient potentiellement associées à la mise en œuvre de l'enseignement scientifique et technologique. L'exploration de ces élaborations a été effectuée auprès de 78 écoliers des cycles 2 et 3 au cours de l'année 1998-1999. À la suite d'une séance dont le thème est choisi par le maître, un entretien d'une quinzaine de minutes auprès de trois à cinq élèves de la classe demande d'abord de restituer le moment scolaire, puis interroge sur les autres moments éventuellement menés antérieurement qui « sont pareils ».

2. Dénomination, caractérisation, catégorisation

Les discours des élèves sont fortement contrastés selon leurs compétences langagières, selon leur rapport à l'École et aux enseignements et bien sûr selon leur âge scolaire. Si certains restituent très difficilement ce qu'ils viennent de faire, d'autres en revanche expriment à la fois les visées de la séance, le ou les objets d'apprentissage et leur intérêt pour grandir et réussir à l'École. La présentation de l'analyse de ces propos sur les moments scolaires d'éducation scientifique et technologique porte d'abord sur leur dénomination, puis sur leur caractérisation, enfin sur les confusions identifiées et leurs sources.

2.1 Étiquetage

La dénomination des moments scolaires varie selon les cycles. Moins d'un élève sur trois du cycle II nomme par un terme générique le moment précédent, les autres le désignant simplement par les objets de travail : « calendrier », « dents »… Aucun élève de cycle II ne nomme les moments scolaires par « découverte du monde » pas plus que les élèves de cycle III ne mentionnent l'ensemble « sciences et technologie ». Les termes qu'ils citent spontanément sont généralement les compartiments « biologie », « sciences » et « technologie ».

Ces réponses des élèves révèlent les pratiques scolaires qui tendent ainsi à désigner les matières scolaires par les noms des disciplines.

Ces termes appartiennent à la culture scolaire partagée dans la communauté éducative. Massivement les élèves répondent que l'étiquette qu'ils utilisent est donnée par le maître, a été appris dans les classes précédentes ou bien correspond à ce que disent les grands de la fratrie. L'usage différentié de ces noms atteste l'incorporation progressive des normes organisationnelles de l'École du CP au CM2.

2.2 Catégorisation

Les regroupements sollicités lors des entretiens par les questions concernant les similarités entre les moments (le pareil) s'opèrent en fonction de critères différents selon les élèves. Les objets, les tâches et les savoirs sont des repères qui évoquent plus ou moins nettement le contenu sans qu'il soit toujours explicitement formulé. Les regroupements que les élèves effectuent sont aussi dictés par l'organisation pédagogique qui fixe les caractères des moments scolaires et que les élèves repèrent comme des critères de catégorisation. Ces modalités sont alors des indices que les enfants signalent, en particulier le lieu de rangement des traces écrites lorsqu'il y en a, l'existence même de ces traces, la couleur des feuilles, les intercalaires, la lettre qui figure sur la fiche, la forme de la fiche avec ses dessins, ses questions, ses travaux à conduire… Pour certains élèves, l'emploi du temps constitue le repère essentiel de ces moments scolaires régulièrement rythmés au fil des semaines. À ces repères temporels qui fixent les catégories de moments scolaires, s'associent souvent les différents maîtres qui interviennent dans la classe.

L'identification des moments scolaires, leur caractérisation et le cas échéant leur catégorisation ne s'opère pas à partir du repérage d'un seul indice. La majorité des élèves citent dans leurs réponses trois ou quatre caractères qui leur permettent de saisir la matière scolaire et de confirmer un regroupement initialement opéré.

Globalement, sont mentionnés d'une façon privilégiée la nature des tâches, les objets de travail, les apprentissages et les accessoires de rangement. Les repères que sont l'emploi du temps et l'organisation du travail scolaire sont moins cités. La référence du maître ne concerne bien sûr que les classes à plusieurs maîtres (n = 46).

	eff.	tâches	objets	Apprentis-sages	cahier	emploi du temps	groupes	maître
CYCLE II	34	21 62%	20 59%	8 23%	17 50%	2 5%	5 15%	(8)
CYCLE III	44	34 77%	37 84%	28 63%	18 41%	9 20%	6 14%	(15)
total	78	54	57	35	35	11	11	(23)

Tableau 1 : Contenu des propos des élèves des cycles II et III

La comparaison des citations des élèves du cycle II et de celles des élèves du cycle III indique que si les tâches et les objets restent majoritairement les caractères cités, les apprentissages se substituent aux accessoires de classement. La catégorisation semble d'abord construite sur les composants observables des moments scolaires d'enseignement scientifique et technologique, puis progressivement sur les apprentissages qui sont des caractères plus abstraits. Cette évolution peut s'expliquer d'une part en raison de l'existence plus nette de ces enseignements au cycle III et d'autre part en raison du capital expérientiel plus riche des élèves de ce cycle.

L'ambiance du travail associée par exemple aux travaux de groupes, reste faiblement signalée quel que soit le cycle. En revanche, l'emploi du temps est plus nettement souligné par les élèves du cycle III. Ce repérage est associé aux classes à plusieurs maîtres dans lesquelles les enseignements sont plus diversifiés.

2.3 Perturbations

Les indices utilisés par les enfants pour nommer et reconnaître ces matières et leurs étiquettes contribuent à la constitution de catégories plus ou moins stables. Ce processus de construction est source de conflits cognitifs en particulier lorsque des indices deviennent des intrus pour les regroupements. À partir des réactions des élèves au cours des entretiens, trois sources majeures de conflits peuvent être mises en évidence. Elles concernent essentiellement les catégorisations préétablies indépendamment des élèves : le classement arbitraire de ces matières, leur désignation aléatoire et variable, leur compartimentation *a priori.*

Certaines activités hybrides interrogent nettement les élèves qui n'en perçoivent pas clairement les multiples caractères mêlés. Ces réactions sont nettes au cours des entretiens qui suivent une séance de construction d'une boîte pliée et une séance consacrée à l'étude et à la réalisation de kaléidoscopes. Cette dernière est par exemple identifiée comme un moment d'arts plastiques en raison de l'usage de dessins et de feutres, d'évaluation de géométrie car est fait appel à des constructions de triangles équilatéraux, de sciences avec la découverte des images réfléchies dans les miroirs. Mais les écarts entre les élèves sont particulièrement grands, de ces repérages partiels à l'identification de différents points de vue associés. Caractériser les différentes tâches inscrites dans de tels projets qui associent différents contenus disciplinaires, suppose d'avoir construit une représentation du système des matières, qui permet de penser leurs interrelations.

Les propos des élèves traduisent leurs relations aux pratiques de mise en œuvre scolaire des tâches prescrites de l'initiation scientifique et technologique. Les élèves mentionnent en ce sens, les différences et parfois les contrastes dans l'accompagnement verbal, matériel et organisationnel, dans la désignation ou le classement des moments scolaires au cours de l'année ou d'une classe à l'autre. Ce que disent les élèves interroge ainsi fondamentalement les décalages potentiels entre les postures des élèves et celles implicites à la conduite et à l'organisation de cet enseignement à l'école élémentaire. Le contenu des échanges questionne aussi les gestes des enseignants et leur influence éventuelle sur la caractérisation de ce domaine d'enseignement progressivement différencié au fil de la scolarité.

3. Perspectives

Si depuis un peu plus de dix ans, les travaux et recherches sur les disciplines scolaires permettent de mieux comprendre leur structure, leurs principes de construction et de développement tant dans leurs dimensions de curriculums prescrits, réels voire cachés, peu de recherches s'intéressent aux curriculums disciplinaires vécus par les élèves.

Un des résultats importants de cette recherche est la mise en évidence de l'activité cognitive des élèves de l'école élémentaire dans leur rapport au curriculum disciplinaire désigné par « découverte du monde » et « sciences et technologie ». Dès l'école, les élèves semblent opérer des distinctions similaires à celles notées pour les lycéens. Certains élèves ont ainsi du mal à se situer en tant que sujets des tâches prescrites, tâches qui sont alors essentiellement des moments scolaires sans grand investissement cognitif. Pour d'autres, ce sont simplement des temps différenciés par le décor, par le maître, par les objets-accessoires, par les actions effectuées mais là encore sans identification véritable des enjeux d'apprentissage. Pour quelques uns en revanche, ce sont des moments au cours desquels ils construisent des connaissances, en particulier grâce à leur activité métacognitive, ce qui les place dans une posture propice à leur réussite. Ainsi, sans réelle surprise, certains élèves décodent les moments scolaires selon les enseignements visés alors que d'autres ne perçoivent pas les apprentissages inclus dans les activités.

Les résultats présentés, limités au domaine de l'éducation scientifique et technologique à l'école élémentaire, ne proposent aucune généralisation à l'ensemble des matières scolaires du plan d'études. Ils attirent l'attention sur les interactions entre les activités des élèves et les tâches qui leur sont proposés, sur la variabilité des contrats qui s'établissent implicitement au cours des moments scolaires et sur l'impact probable des gestes non explicités aux élèves qui sont alors conduits à les décoder, à rechercher des indices, à comparer ou à distinguer les moments scolaires lorsqu'ils souhaitent saisir ce qu'ils sont en train de faire.

Ils appellent d'autres travaux et recherches en didactique des sciences et de la technologie afin de préciser le processus de construction et de différenciation disciplinaire dans la succession temporelle des moments scolaires de la scolarité obligatoire. À l'échelle du curriculum d'éducation scientifique et technologique, ces travaux concernent à la fois les tâches et activités d'enseignement-apprentissage et les postures des élèves et des maîtres.

REFERENCES

AUDIGIER, F. (1993). *Les représentations que les élèves ont de l'histoire et de la géographie. A la recherche des modèles disciplinaires, entre leur définition par l'institution et leur appropriation par les élèves.* Thèse de l'université Paris 7. (sous la direction de Henri Moniot). 633 p. et annexes.

BAUTIER, E. & ROCHEX, J.-Y. (1996). "Rapport au savoir et à l'école des nouveaux lycéens". *L'année de la recherche en sciences de l'éducation.* Paris : PUF. 185-212.

BEILLEROT, J. ; BLANCHARD-LAVILLE, C ; MOSCONI, N. dir. (1996). *Pour une clinique du rapport au savoir.* Paris : L'Harmattan.

CHAMBON, M. (1990). "La représentation des disciplines scolaires par les parents d'élèves : enjeux de valeurs, enjeux sociaux." *Revue française de pédagogie.* Paris : INRP. 92, 31-40.

CHARLOT, B. (1997). *Du rapport au savoir.* Paris : Economica.

CORDIER, F. (1993). *Les représentations cognitives privilégiées, Typicalité et niveau de base.* Lille : P.U.L.

FLORIN, A. (1987). "Les représentations enfantines à l'école : étude exploratoire de quelques aspects". *Revue française de pédagogie.* Paris : INRP. 81, 31-42.

LEBEAUME, J. (à paraître). "Jeux d'étiquettes, jeux de kim, jeux de familles, puzzles ou devinettes à l'école - Découverte du monde, sciences et technologie aux cycles II et III". *Aster.* Paris : INRP.

LEBEAUME, J. (2000). *L'éducation technologique - Histoires et méthodes.* Paris : ESF.

LEBEAUME, J. (dir.) (2000). *Découverte du monde, sciences et technologie, des matières scolaires à l'école élémentaire - Le point de vue des élèves.* Rapport de recherche. INRP-LIREST-IUFM Orléans-Tours. (Equipe de recherche : C. Diaz, O. Follain, J. Lebeaume)

MONTANDON, C. & OSIEK, F. (1997). “La socialisation à l’école du point de vue des enfants”. *Revue française de pédagogie.* Paris : INRP. 118, 43-51.

RAYOU, P. (1999). *La grande école. Approche sociologique des compétences enfantines.* Paris : PUF.

ROCHEX, J.-Y. (1995). *Le sens de l'expérience scolaire : entre activité et subjectivité.* Paris : PUF.

TERLON, C. (1990). "Attitudes des adolescent(e)s à l'égard de la technologie : une enquête internationale." *Revue Française de Pédagogie.* Paris : INRP. 90, 51-60.

LES RAPPORTS D'ELEVES TUNISIENS A L'EVOLUTION DU VIVANT ET LEURS REFERENTIELS D'ARGUMENTATIONS

Saîda Aroua
ISEFC Université Tunis 1
3, avenue du 20 mars 1956 – 7000 Bizerte TUNISIE
Tel : 002162 432162 - E.mail : aroua.s@excite.com

Maryline Coquide
Université et IUFM Rouen
LIREST ENS Cachan

Salem Abbes
Faculté de Médecine Tunis
et ISEFC de Tunis

Dans les recherches en didactique de la biologie, les élèves sont le plus souvent considérés comme des sujets épistémiques. Ainsi, les diverses études didactiques relatives à l'évolution du vivant se sont principalement centrées sur les conceptions des élèves et sur les obstacles possibles à une conception évolutionniste (G. Lacombe, 1987 ; C. Fortin, 1993 ; P. Mathy, 1997). Dans le cadre théorique du "rapport au savoir", introduit par Charlot (Charlot et al. , 1996 ; Charlot, 1997) et élargi aux "rapports aux savoirs" pour les études didactiques par Caillot (1999), l'élève est un sujet multidimentionnel. On peut ainsi considérer les divers rapports, rapport épistémique certes, mais aussi rapport social et identitaire, et les diverses postures qu'il prend par rapport à des objets de savoirs disciplinaires. Ce cadre théorique a été retenu par un groupe de travail de l'ISEFC de l'Université de Tunis (Chabchoub, 2000).

1. Les questions de recherche

Cette recherche s'intéresse à l'enseignement actuel de l'Evolution biologique dans les classes tunisiennes. Elle pose le problème du statut scientifique de cet enseignement et analyse les rapports épistémiques et identitaires des élèves à l'évolution du vivant. Nous nous sommes proposés de repérer l'évolution des conceptions des élèves et d'analyser leurs registres d'argumentation.

2. L'étude empirique

En Tunisie, l'enseignement de l'Evolution biologique ne se fait qu'en classe terminale. Nous avons enquêté dans une classe terminale sciences expérimentales de 29 élèves. Cette étude de cas, à visée prospective, a comporté deux temps intercalés par l'enseignement, suivant le curriculum en vigueur, de l'Evolution biologique. Des questionnaires, relatifs à l'explication de la diversité du vivant ont été proposés, avant et après enseignement, à l'ensemble des élèves de la classe. Un sous-groupe de la classe a participé à une situation d'argumentation post-enseignement et avant le passage du deuxième questionnaire. Cette dernière, entièrement enregistrée, a été suscitée par l'utilisation de deux textes contradictoires l'un évolutionniste et l'autre non-évolutionniste.
Afin de déterminer les rapports (épistémiques et identitaires) des élèves à l'Evolution biologique, nous nous sommes intéressés au sens que donne chacun d'eux au modèle évolutif enseigné qu'il exprime dans ses argumentations. Les analyses des questionnaires et des argumentations ont utilisé, en les adaptant, les catégorisations proposées par C. Fortin (1993). Elles ont conduit à distinguer les différents registres que nous avons caractérisé comme registre scientifique (S) et non scientifique (NS), théologique ou philosophique.

3. Les résultats

Pour étudier les argumentations des élèves relatives à l'évolution du vivant, nous avons retenu une même question, au pré et au post-test. Elle suscitait l'explication et l'argumentation que ces apprenants

donnaient à la diversité du vivant. Au post-test, nous avons rajouté une seconde question. Cette dernière nous permettait de savoir, si les élèves, sachant que le modèle évolutif incluait également l'espèce humaine, retenaient les mêmes argumentations qu'ils ont avancées à la première question.
L'analyse des productions de ces élèves révèle que leur conception du vivant prend deux principales formes suivant les questions posées :

- premier cas, noté cas"h" : l'élève considère le vivant dans son ensemble. Il conçoit le processus évolutif pour tout vivant.
- deuxième cas, noté cas"êv" : l'élève exclut l'espèce humaine de l'ensemble des vivants. Il considère l'espèce humaine comme une création qui ne peut avoir subit des transformations à partir d'un ancêtre commun. Cependant, cette dernière forme ne peut apparaître que lorsque le sujet prend conscience que le modèle évolutif inclut également l'espèce humaine.

Il est, également, à remarquer que ces deux formes peuvent coexister chez un même sujet.

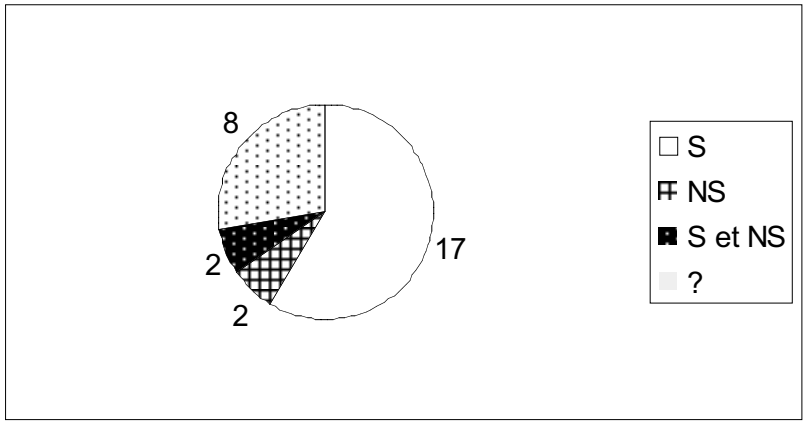
3.1 Le registre des argumentations

Dans cette partie les analyses portent sur les données écrites, recueillies auprès de l'ensemble de la classe au pré et au post-test. Nous avons considéré comme scientifique le référentiel de l'élève lorsque celui-ci donne sens à la diversité du vivant à travers le savoir biologique. Il utilise les termes de mutations, d'ancêtre commun, de sélection naturelle, de spéciation, etc. Le registre est non scientifique, quand le référentiel du sujet est philosophique ou théologique. On note une argumentation par la création divine, les origines séparées des espèces etc. Le registre est mitigé dans le cas où l'élève amalgame les deux référentiels. Par exemple, il affirme que l'œuvre divine est à l'origine des vivants, mais que par la suite ces derniers subissent des mutations et une sélection naturelle. Ainsi, cette analyse révèle que :

- avant de suivre le cours relatif à l'évolution biologique, les élèves sollicitaient deux registres d'argumentation : soit un registre scientifique (S), soit un registre non scientifique (NS).
- après l'enseignement (fig.1.a et fig.1.b), nous avons repéré un troisième cadre de référence, avec un registre mitigé, scientifique

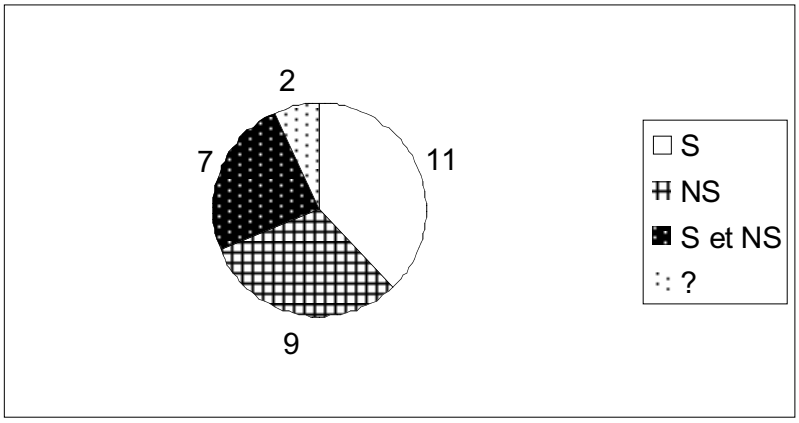
et non scientifique (S et NS) et pour plusieurs sujets le référentiel a été difficile à caractériser (?).

Fig 1. Répartition des sujets en fonction du registre référent des argumentations, après enseignement.



[(S) : 17 sujets, (NS) : 2 sujets, (S et NS) : 2 sujets et (?) : 8 sujets.**]**

Fig 1.a. : Cas "êv"



[(S) : 11 sujets, (NS) : 9 sujets, (S et NS) : 7 sujets et (?) : 2 sujets.**]**

Fig1.b. : Cas "h"

L'analyse comparative des figures 1.a et 1.b montre que lorsque les sujets incluent l'Homme dans le processus évolutif (cas"h"), le nombre des sujets mobilisant un cadre scientifique "S" se réduit de 17 à 11,

tandis que, celui des sujets mobilisant un cadre non scientifique "NS" augmente de 2 à 9. Le nombre de sujets mobilisant un cadre mitigé "S et NS" augmente de 2 à 7. Toutefois, chez certains élèves, le référentiel reste difficile à caractériser (?) ; cette difficulté se réduit considérablement dans le cas où les conceptions relatives à l'évolution excluent l'Homme de l'ensemble des vivants : 2 sujets dans le cas"h" contre 8 dans le cas"êv".

Ainsi, il apparaît :

- que le cadre de référence des argumentations de l'élève n'est pas uniquement scientifique.
- qu'une double conception du vivant peut cohabiter chez un même élève. Ce dernier peut changer de cadre de référence suivant qu'il inclut ou non l'espèce humaine dans le processus évolutif.

3.2 Les rapports à l'évolution du vivant

Ces analyses ont été effectuées sur des corpus de post enseignement. Elles portent sur les propos de chaque élève du sous-groupe classe ayant participé à la situation d'argumentation, et sur ses écrits. Les argumentations, très diverses, se distinguent par un caractère personnalisé. Nous les avons répertoriées, et une analyse de contenu a conduit à catégoriser (voir tableau ci-dessous) des rapports identitaires (codés arbitrairement 1 sur les graphiques) et des rapports épistémiques (codés 2 sur les graphiques). Le rapport est essentiellement épistémique si l'argumentation de l'élève prend un sens biologique, quoique le savoir biologique soit plus ou moins maîtrisé. Le rapport est essentiellement identitaire si l'argumentation exprime une influence de l'identité du sujet comme par exemple une argumentation ayant un cadre théologique.

Exemples de critères de catégorisation des rapports à l'évolution du vivant	***Type de rapport à l'évolution du vivant***
Arguments de la biologie évolutive (plus ou moins maîtrisés) : exemples de productions d'élèves *Les ressemblances entre les vivants : Arguments paléontologiques, embryologiques, moléculaires, anatomiques. *Les embryons des êtres vivants ont des fentes branchiales. *On peut citer les arguments paléontologiques ou anatomiques ou les ressemblances entre les animaux.	Rapport épistémique
Arguments théologiques : exemples de productions d'élèves *Il n'est pas possible d'obtenir à partir d'un être vivant plusieurs êtres vivants différents. Dieu est à l'origine du monde vivant *Pas d'ancêtre commun pour les êtres vivants, le singe et l'homme ne sont pas parents, les premiers hommes sont Adam et Eve. *L'homme est apparu depuis longtemps et n'a subi aucune modification et la théorie est en contradiction avec la religion.	Rapport identitaire

Exemples de critères de catégorisation des rapports à l'Evolution du vivant des élèves.

Les graphiques (figures 2 et 3) expriment le rapport à l'Evolution de l'élève en fonction du dispositif de recueil de données (voir ci-dessous la légende des figures.)

L'analyse des deux premiers rectangles ("début i" et "fin i") montre que, la dynamique de la discussion n'influence pas les argumentations de certains sujets (fig.2a : 5sujets/13 et fig2b : 1sujet/13). Tandis que pour d'autres sujets leurs argumentations évoluent (fig.3a : 5sujets/13). Par ailleurs, l'analyse du corpus écrit (fig.3a et fig3b : 3è et 4è rectangles respectivement cas"êv" et cas"h" confirme les résultats du corpus oral en ce sens que le rapport est "mobile" pour certains sujets (fig3.a et fig3.b).

L'analyse d'ensemble des argumentations des sujets relatives à l'Evolution, nous a conduit à considérer *trois catégories* de rapports à l'Evolution du vivant.

Première catégorie (fig. 2.a). Elle concerne 5 sujets sur les 13 du sous-groupe classe. Dans cette catégorie, le rapport de l'élève à l'Evolution biologique est essentiellement épistémique. Les argumentations exprimées ont un caractère scientifique, elles se réfèrent aux arguments du modèle évolutif enseigné. D'autre part, celles-ci ne changent pas tout le long du dispositif, aussi avons nous caractérisé le rapport au savoir comme "non mobile".

Deuxième catégorie (fig. 2.b). Un seul sujet parmi les 13 est concerné. Dans cette catégorie, le rapport à l'Evolution du sujet est essentiellement identitaire. Les argumentations n'ont pas un caractère scientifique et l'élève n'octroie aucun sens au savoir biologique, en tant que modèle expliquant l'histoire du vivant. Le rapport ne varie pas tout le long du dispositif et apparaît donc "non mobile".

Troisième catégorie (fig. 3.a et fig.3.b) : 7 sujets sur les 13 sont concernés.

- Fig.3.a : 5 sujets/13 : L'analyse des deux premiers rectangles montre que les sujets changent d'argumentations du début à la fin de la discussion. Nous constatons une évolution similaire au cours du dispositif écrit (rectangles 3 et 4).

- Fig.3.b : 2 sujets/13 : Chez ces sujets les argumentations fortement influencées par le contexte identitaire ne semblent pas évoluer au cours du dispositif oral (rectangles 1 et 2). Cependant nous avons pu constater qu'à l'écrit leurs argumentations évoluent suivant leur conception du vivant (rectangles 3 et 4).

Ils développent des argumentations comportant à la fois des explications scientifiques et des explications non scientifiques. Il y a cohabitation d'un rapport épistémique et d'un rapport identitaire à l'évolution biologique chez un même sujet. Dans cette catégorie, le rapport apparaît comme "mobile", c'est à dire qu'il fluctue selon les

situations, et l'élève a tendance à changer d'argumentation sans éprouver aucune gêne.

Fig.2 et Fig.3 : Rapport à l'évolution du vivant de l'élève en fonction du dispositif de recueil de données.

Chaque rectangle correspond à un corpus obtenu, soit dans le dispositif d'argumentation orale (début de la discussion : "début i" = 1ier rectangle, fin de la discussion : "fin i " = 2ième rectangle), soit dans les écrits du post test (le vivant est conçu sans l'Homme : cas "êv" = 3ième rectangle, le vivant est conçu en incluant l'Homme : cas"h" = 4ième rectangle). La hauteur de chaque rectangle représente le rapport de l'élève à l'Evolution du vivant dans chacune de ces situations (codage arbitraire par le chiffre 1 pour un rapport identitaire et par le chiffre 2 pour un rapport épistémique).

Fig2. : Rapport à l'évolution " non mobile"

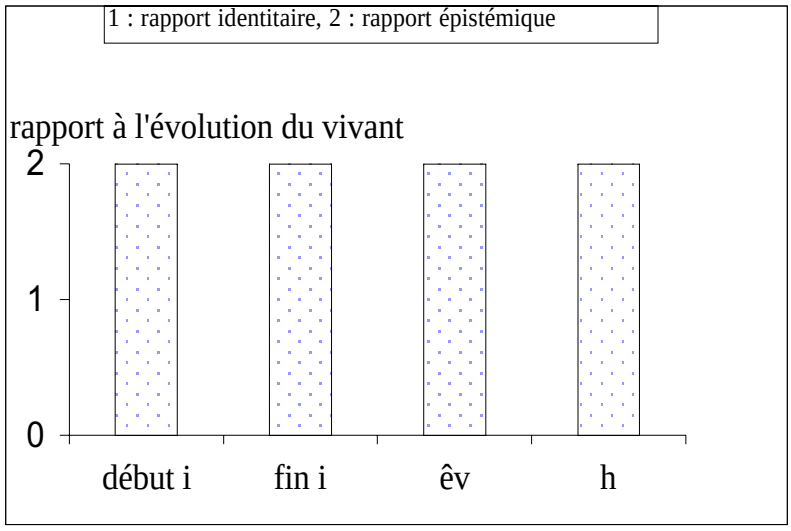


Fig. 2.a. Rapport à l'évolution essentiellement

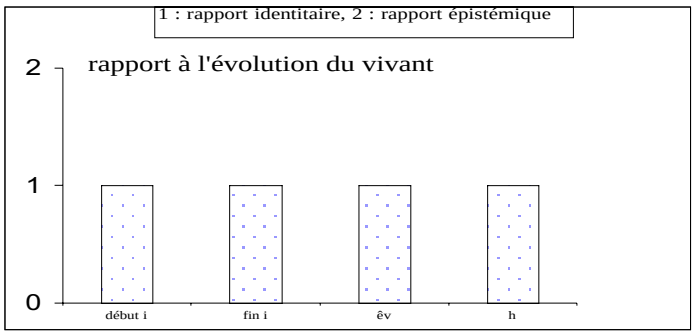


Fig. 2.b. Rapport à l'évolution essentiellement

Fig3. : Rapport à l'évolution "mobile"

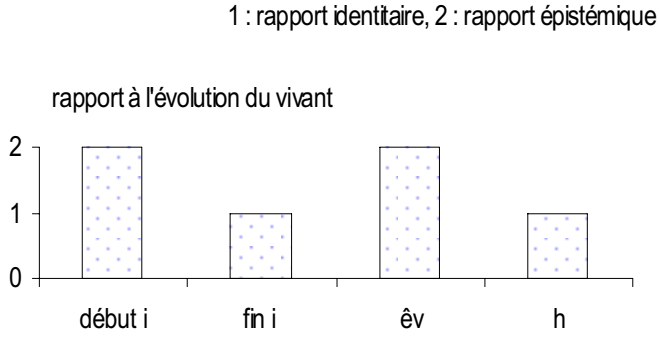


Fig. 3.a (*5sujets/13sujets)*

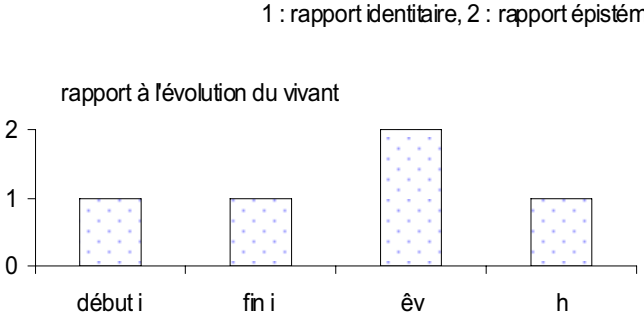


Fig. 3.b (*2 sujets/13sujets)*

Conclusion

Plusieurs points se dégagent de cette étude empirique, qualitative et prospective :

- Le cadre de référence d'argumentation du sujet à l'Evolution du vivant, n'est pas uniquement scientifique.
- Des rapports épistémiques et identitaires à l'Evolution du vivant peuvent cohabiter chez un même sujet, et évoluer suivant la situation, ils apparaissent par conséquent, comme *conjoncturels.* Une forte dimension identitaire influence le rapport des élèves tunisiens à l'Evolution biologique, en particulier quand il s'agit de l'Evolution de l'Homme.

Ces points nous permettent de dégager les éléments suivants :

- Il semble que l'enseignement tunisien actuel de l'évolution biologique tende à présenter la théorie évolutionniste par une approche positiviste. En ce sens qu'il se restreint à une présentation des faits de l'Evolution et à une explication des mécanismes évolutifs relatifs à la seule théorie synthétique. Ainsi, la dimension probabiliste qui caractérise ce modèle explicatif paraît totalement absente.
- Le statut de cet enseignement ne permettrait pas à l'élève de comprendre le statut scientifique de théorie de l'Evolution du vivant.
- Pour aider l'élève dans l'établissement d'un rapport épistémique, et pour une meilleure médiation didactique, il y aurait à envisager une démarche plus scientifique de cet enseignement (par exemple par des démarches d'enquête), et un dispositif didactique qui puisse aider les élèves à différencier les registres et leurs postures par rapport à l'Evolution.

REFERENCES

CAILLOT, M. (2000). Rapport(s) au(x) savoir(s) et didactique des sciences. Actes du Colloque *Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences.* Faculté des Sciences de Sfax et ATED : pp. 25-36.

CAILLOT, M. (2000). Y a-t-il des élèves en didactique des sciences ou Quelles références pour l'élève ? In TERISSE A. (coord.) *La*

question de la référence dans les didactiques des disciplines, Bruxelles : De Boeck.
CHABCHOUB, A. (2000). Rapports au(x) savoirs(s), didactique des sciences et anthropologie. Actes du Colloque *Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences.* Faculté des Sciences de Sfax et ATED : pp. 37-46.
CHARLOT, B. (1997). *Du rapport au savoir. Elément pour une théorie*. Paris : Anthropos.
CHARLOT, B. (1999). *Le rapport au savoir en milieu populaire, Une recherche dans les lycées professionnels de banlieue*. Paris : Anthropos.
CHARLOT, B., BAUTIER, E. & ROCHEX, J-Y. (1999). *Ecole et savoir dans les banlieues et ailleurs*. Paris : Armand Colin.
FORTIN, C. (1993). *L'Évolution* : *Du mot aux concepts. Etudes épistémologiques sur la construction des concepts évolutionnistes, et les difficultés d'une transposition didactique adéquate*. Thèse de doctorat Université Paris VII.
GOULD, S.J. (2000). *Et Dieu dit : " Que Darwin soit ! "*. Paris : Editions du Seuil.
JACOB, F. (1970). *La logique du vivant, une histoire de l'hérédité*. Paris : tel Gallimard.
LACOMBE, G. (1987). Adaptation et théorie de l'évolution. *Aster* 4 : 139-153.
MATHY, P. (1997). *Donner du sens aux cours de sciences*, *Des outils pour la formation éthique et épistémologique des enseignants*. Bruxelles : De Boeck Université.
MAYR, E. (1997). *Qu'est que la biologie ?* Paris : Fayard.
MAYR, E. (1982, trad.fr.1989). *Histoire de la biologie, Diversité, évolution et hérédité*. Paris : Fayard.

CONTRIBUTION DE LA RECHERCHE EN DIDACTIQUE A L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LA KINESITHERAPIE

Franck Gatto

Université de Provence
Département des sciences de l'éducation
1, avenue de Verdun, 13410 Lambesc
Tel : 04 42 57 17 17 ; P : 06 72 94 15 94
e.mail : f.gatto@romarin.univ-aix.fr

Introduction

Les données actuelles de santé publique soulignent l'importance du savoir et des comportements des individus malades ou non (utilisation de médicaments, utilisation de produits toxiques, soins apportés au corps, comportement automobile, comportement alimentaire, comportement sexuel, gestion des souffrances…), comme des déterminants majeurs de leur santé (Haut comité de santé publique, 1999., Leclerc et al, 2000., Hirsch, 1996). Pour Green (1984), l'éducation à la santé peut se définir comme « toute combinaison de méthodes d'apprentissage destinée à faciliter l'adoption volontaire de comportements conduisant à la santé ».

Les difficultés que rencontre l'éducation à la santé, la promotion de la santé et le développement de la démarche qualité des soins (Gatto, 1999), semblent proches de celles que l'enseignement rencontre couramment à l'école (conception - obstacle, rapport au savoir impliquant une relation de soumission au maître, attitude « passive » des élèves, échec d'apprentissage). « En confirmation de l'hypothèse constructiviste, il apparaît que les modes de pensée et d'action des élèves ne sont pas malléables à volonté, et que si, parfois, des modes

spécifiques de raisonnement des élèves peuvent assurer des succès pendant un temps et pour certaines questions, ces modes peuvent aussi se constituer en obstacles résistants à une évolution favorable souhaitée » (Johsua et Dupin, 1993). L'enseignement des disciplines de la kinésithérapie de l'école jusqu'à l'université et l'enseignement du savoir de la kinésithérapie aux malades dans le cadre de l'éducation à la santé et des soins constituent des pratiques éducatives par l'étude.

Dans ce contexte il apparaît de bon droit que l'enseignement du savoir de la kinésithérapie intéresse les recherches en sciences de l'éducation pour produire un savoir nouveau sur ces pratiques d'éducation et de formation. Les enseignements par l'étude de ces savoirs hautement techniques auprès des patients (enfants et adultes), souffrant de maladies chroniques conduisent souvent, en l'absence de dispositifs didactiques, à des échecs d'apprentissage. Les kinésithérapeutes enseignants dans les institutions scolaires dans une perspective de dépistage et de prévention des problèmes de dos, les enseignants dans les instituts de formation des kinésithérapeutes et, les kinésithérapeutes enseignants auprès des malades le savoir de la kinésithérapie pourraient disposer de savoirs issus de recherche en didactique.

Le choix a été fait de travailler avec une voie d'entrée didactique pour tenter de produire du savoir didactique concernant le savoir kinésithérapique de la lombalgie commune.

1. La lombalgie

Le 13 et 14 novembre 1998, il a été organisé la première conférence de consensus sur le savoir kinésithérapique de la lombalgie.

Il est présenté ci-dessous différents éléments tirés du rapport de la conférence de consensus (Afrek, 2000).
Le terme de lombalgie désigne toute douleur siégeant dans la partie basse du rachis qui s'étend de la charnière dorso – lombaire (D12 – L1) à la charnière lombo – sacrée. Les cliniciens s'accordent à classer sous le terme de lombalgies communes, les lombalgies qui ne sont pas secondaires à une cause organique particulière, telle une infection, une

tumeur. On estime habituellement, sur la base de la pratique clinique, que la lombalgie commune représente l'écrasante majorité des cas de lombalgie pris en charge par les professionnels de santé, soit plus de 90% des cas. En France la lombalgie commune concerne un peu plus d'un adulte sur trois, elle figure au troisième rang des motifs de consultation en médecine libérale. Ses coûts médicaux directs étaient évalués à 9 milliards de francs, en 1990.

Sur le plan des coûts indirects et des répercussions sociales, elles sont à l'origine de 13% du nombre annuel d'accidents du travail avec arrêts recensés en France. Les lombalgies figurent au troisième rang des affections motivant l'entrée en invalidité, avec prés de 3% des admissions annuelles. Les travaux plus spécifiquement centrés sur les coûts de traitement et d'indemnisation des lombalgies mettent clairement en évidence la concentration de ces coûts sur la fraction des malades atteints de formes chroniques et sévères. C'est donc par rapport aux formes chroniques qu'il convient de situer une grande partie des enjeux de santé publique « du mal de dos » dans les pays industrialisés. La nécessité de prévenir la chronicité incite à utiliser précocement les moyens d'efficacité reconnus au stade chronique (au troisième mois de persistance des douleurs).

Les experts comme les membres du jury de la conférence de consensus ont été unanimes pour estimer que le développement de travaux de recherche clinique en kinésithérapie étaient insuffisants dans notre pays.

Ces différentes informations montrent que les échecs des actions d'enseignement, d'éducation et de soins semblent liés à l'absence de savoir concernant la prise en charge kinésithérapique du lombalgique. Elles mettent également en évidence l'intérêt éthique, politique et épidémiologique de produire du savoir didactique concernant la lombalgie.

2. Genèse didactique des objets ostensifs matérialisés par des différentiels. Des « feed-backs » cognitifs et émotionnels au service du système didactique

2.1 Emotions et raison, en interaction au cours des procédures et des processus d'apprentissage

Lorsque Gardner (1983), a en quelque sorte redéfini, les fondements des sciences cognitives, il a écarté, pour des raisons d'ordre méthodologique, le rôle des émotions et des motivations. La psychologie Piagétienne (1967, 1968, 1969), a également éliminé de ses préoccupations, sans renier ses effets, les facteurs émotionnels au cours des processus d'apprentissage. Ce courant de pensée définit l'intelligence comme l'adaptation fonctionnelle du sujet aux problèmes et aux questions que lui pose son environnement non-humain et humain. L'adaptation fonctionnelle du sujet procéderait selon deux mouvements inverses et complémentaires : l'assimilation qui revient à intégrer un nouvel objet ou une nouvelle situation à l'ensemble du savoir déjà constitué et fonctionnellement intégré. L'accommodation qui vise à modifier le savoir déjà acquis (pré-existant) en fonction des nouveaux problèmes qui se posent au sujet. L'enseignant qui souhaiterait transmettre un savoir particulier devrait donc connaître les difficultés d'appropriation de ce savoir particulier pour proposer une aide efficace. L'expérience réelle vécue par le sujet conditionne pour une grande partie ses possibilités d'apprentissage (la construction et l'acquisition d'un nouveau savoir). « Le réel n'est pas découpé ou cloisonné en disciplines comme les connaissances qui en sont issues. La science du 20° siècle a montré que le réel est complexe. Sa réalité relève donc de la transdisciplinarité (...). Contrairement à la pensée simplifiante, la pensée complexe s'oppose au principe de dualité qui amène à concevoir séparément et à disjoindre par exemple : le rationalisme et l'empirisme, l'erreur et la vérité, le biologique et le sociologique, les neurones et l'esprit, l'ordre et le hasard, le cognitif et l'émotionnel, le sujet et le monde, ce qui amène finalement à des exclusions figeantes pour la pensée et dangereuses pour notre survie » (Favre, 1997). La rationalité ne constitue donc pas le seul mode d'approche du réel et de sa complexité et, certains objets complexes peuvent être permanents et

transdisciplinaires dans les pratiques d'aide à l'étude. Pour Morin (1986), la pensée dialogique peut aider à éviter de tomber dans le piège de la pensée dualiste. Pour espérer approcher un peu mieux la complexité du réel et la complexité de l'être humain (de l'élève à l'étude), la pensée dualiste semble donc mal appropriée. Dans le champ de l'éducation, la pensée complexe permettrait de conjuguer le modèle de régulation cybernétique et le modèle de régulation systémique. Des neurobiologistes (Vincent, 1986 ; Favre, 1992 ; Damasio, 1995), sont d'accord sur le fait que le traitement cognitif et le traitement émotionnel sont anatomo-fonctionnellement interdépendants. C'est-à-dire que le traitement de l'information par la raison et par l'émotion sont en interactions permanentes et qu'il semble difficile de croire à une possible séparation. « Anatomiquement et fonctionnellement, le système nerveux affectif et émotionnel et le système nerveux associé à la cognition sont interdépendants. Le système nerveux affectif et émotionnel émet des fibres qui contrôlent la plupart des relais cérébraux des capteurs sensoriels de l'information jusqu'aux lobes frontaux où elle deviendrait manipulable par la conscience » (Gatto et Favre, 1997). Lors d'un choc affectif, positif ou négatif, la réaction de l'individu ne serait certainement pas la même s'il pouvait utiliser uniquement sa raison pour décider et agir. Il semble donc utile de compléter les approches constructivistes par la prise en compte des émotions au cours de l'organisation et de la direction de l'étude réalisée par les élèves.

Exemple 1 : Un enseignant transmet l'information suivante à un élève : « Le type de renforcement musculaire que vous réalisez depuis dix ans en salle de sport ne sert à rien. Au contraire, il a contribué à la paralysie de votre membre inférieur droit ». L'élève risque d'être en état de tempête émotionnelle et risque de ne pas pouvoir s'approprier le savoir enseigné, le savoir bénéfique à sa santé.

Exemple 2 : Un enseignant communique l'information suivante à un élève : « En comparaison à votre état de santé lors de notre première séance d'éducation, vous avez réalisé des progrès notables et observables sur le plan respiratoire et sur le plan musculaire. Pour améliorer un peu plus vos nouvelles capacités, je pense qu'il serait utile que vous preniez une à deux minutes de repos supplémentaires

entre chaque série d'exercices. Essayez quand vous vous en sentirez capable ». Dans ce cas, l'émotion du patient peut favoriser l'apprentissage d'un nouveau savoir.

Certains travaux (Favre et Favre, 1991 ; Favre, 1993 ; Favre, 1997 ; Gatto et Bui-Xuan, 1996 ; Gatto et Favre, 1997) montrent que l'effet d'une forte émotion peut contribuer à inhiber l'apprentissage, et la dessaisie d'un savoir pré - existant. Ces données pourraient amener les enseignants à ne plus dissocier les aspects cognitifs et les aspects émotionnels et affectifs des élèves.
Il a déjà été montré (Gatto, 1999), que l'enseignement qui place en relation la dimension cognitive et affective en fonction de l'évaluation cognitive pourrait mieux aider l'élève à traverser les périodes de déstabilisation cognitive. Cela par l'acquisition d'une meilleure capacité à reconnaître et à gérer les émotions qu'elles engendrent.

2.2 Un positionnement nécessaire du savoir de l'élève

Les premiers résultats des recherches ont déjà mis en évidence la difficulté des enseignants du savoir kinésithérapique (enseignants dans les écoles du dos, kinésithérapeutes en activité libérale, et enseignants en institut de formation en kinésithérapie) à modifier leur pratique en évaluant et régulant auprès des élèves les écarts entre le savoir référent et le savoir existant (Gatto, 1999). Ces pratiques d'évaluation et de régulation constituent, depuis l'arrêté du 05 octobre 2000 définissant la nouvelle nomenclature des actes professionnels des kinésithérapeutes et son avenant conventionnel, une obligation légale. Les difficultés semblent en partie liées à une absence de savoir didactique de la kinésithérapie (Gatto et Viel, 2001).

Certains savoirs des élèves, souvent acquis par immersion et mimétisme se sont automatisés de manière plutôt dogmatique et se constituent en obstacles à l'étude et à l'appropriation du savoir scientifique de la lombalgie. Si le mode de pensée de l'élève n'est pas compatible, est contradictoire avec le savoir enseigné un obstacle résiste à l'apprentissage. Souvent les élèves ont acquis par immersion un savoir concernant leur corps et leur problème de santé en particulier, en opposition avec le savoir médical scientifique (Gatto et Favre, 1997). Il semble utile dans une perspective d'enseignement de

permettre à la pensée de se complexifier, de s'ouvrir à la critique et de s'ouvrir à l'auto-critique. De nombreux auteurs (Piaget, 1967, 1968, 1969 ; Vygotski, 1934 ; Morin, 1986, 1991) ont mis l'accent sur le fait que la pensée est difficilement séparable du langage et que l'on ne sait pas très bien lequel engendre l'autre. Cela conduit à faire l'hypothèse qu'il serait possible d'agir sur le langage pour agir sur la pensée. En aidant les élèves et les enseignants à faire évoluer le langage, il semblerait possible de les aider à modifier certaines de leurs pensées, certains de leurs savoirs et certains de leurs comportements (Gatto, 1999). En effet, pour Vygotski (1934), puis à sa suite Luria (1961), Wertsch (1979), Larivée et al. (1994), le langage aurait deux fonctions essentielles :

- une fonction sociale pour communiquer avec les autres,
- une fonction régulatrice impliquée dans le contrôle par le sujet de ses comportements.

Il paraît pertinent d'évaluer le positionnement du savoir grâce à des différentiels basés sur le langage. C'est à dire repérer le savoir du sujet entre deux extrêmes théoriques du différentiel (100 % dogmatique, 100 % non-dogmatique).

2.3 La démarche adoptée

2.3.1 Recherche bibliographique

Il a été listé notamment à travers le rapport de la conférence de consensus sur la lombalgie (Afrek, 2000), les éléments de savoir favorables à une lombalgie équilibrée et les éléments freins à une lombalgie équilibrée.

2.3.2 Recherche clinique

2.3.2.1 Les « experts » de la lombalgie

Il a été demandé à deux kinésithérapeutes « experts » et à deux médecins « experts » de rapporter par écrit les éléments de savoir favorables à une lombalgie équilibrée et les éléments freins à une lombalgie équilibrée.

2.3.2.2 Les patients souffrant de lombalgie

Il a été demandé à 50 patients lombalgiques choisis de manière aléatoire de rapporter par écrit les éléments de savoir favorables à une lombalgie équilibrée et les éléments freins à une lombalgie équilibrée.

2.3.3 Traitement des données

En fonction des données issues de la recherche bibliographique et de la recherche clinique, une liste complète des éléments de savoir favorables à une lombalgie équilibrée et des éléments freins à une lombalgie équilibrée a été rédigée.

2.4 Recherche ethnographique

Les objets sensibles à l'étude du savoir kinésithérapique de la lombalgie

Dans la situation d'enseignement d'école du dos où trois éléments théoriques d'enseignement par l'étude de savoirs techniques sont présents, l'enseignant (le kinésithérapeute avec son idéologie privée), le malade (l'élève avec une structure cognitive et affective particulière), et le savoir (le savoir référent de la lombalgie soumis à la transposition didactique), il a été cherché à observer en situation réelle d'enseignement auprès de **50 élèves** choisis de manière aléatoire ce qui se joue dans la transmission du savoir et dans l'étude du savoir. Les travaux ont eu pour objet d'identifier à l'aide de la liste établie et des différentiels les objets sensibles à l'apprentissage à une lombalgie équilibrée. En repérant statistiquement, à travers le langage et les pratiques, les écarts (les erreurs), entre le savoir référent (savant, scientifique) et le savoir restitué par les **élèves** – patients par leur discours et par leur pratique. Il a été identifié différents types de différentiels indicateurs intermédiaires du savoir et des comportements. « Le discours sur la pratique, le langage, constituent un indicateur intermédiaire du savoir et des comportements » (Gatto, 1999).

Les résultats

Une liste de 36 objets sensibles à l'étude du savoir référent kinésithérapique de la lombalgie pour plus de 75 % des 50 élèves observés en situation didactique a été établie (Gatto, 2001).
Nous citerons uniquement deux exemples de ces éléments parmi la liste de 36 items.

- « Pour diminuer les douleurs lombaires il n'est pas forcément recommandé de se reposer et de cesser les activité physiques et sportives ».
- « Il est plutôt recommandé de pratiquer des activités physiques et sportives même si vous êtes classé lombalgique chronique ».

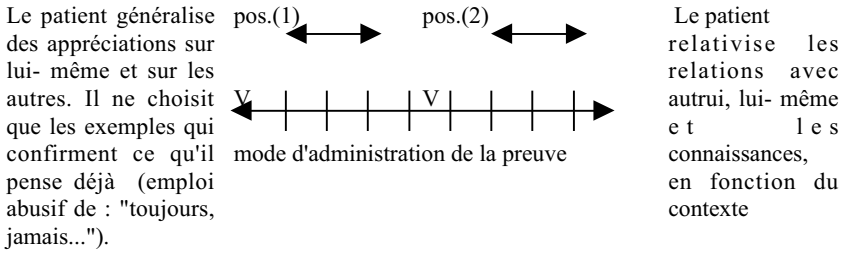
Quatre attitudes cognitives ou manières d'accueillir et de traiter les informations qui parviennent du monde intérieur et du monde extérieur ont été repérées. Le modèle basé sur le langage comporte donc quatre différentiels correspondant chacun à deux attitudes cognitives opposées. La définition d'un curseur mobile sur un axe imaginaire ou différentiel indique que, selon l'intention ou le mode de formulation les énoncés peuvent se déplacer d'un extrême du différentiel jamais atteint à l'autre. Nous proposons ici uniquement quelques exemples qui devraient permettre d'essayer de ressentir le repérage et les effets de la transformation des énoncés du PTDI (paradigme de traitement dogmatique des informations) vers le PTNDI (paradigme de traitement non dogmatique des informations). Les premiers exemples concernent l'activité discursive des élèves - patients, les exemples suivants concernent l'activité discursive des kinésithérapeutes – enseignants. Pour chaque différentiel deux exemples sont pris correspondant à deux positions différentes du curseur : [position (1)] quand l'exemple correspond à un traitement plutôt dogmatique et [position (2)] quand l'exemple correspond à un traitement plutôt non dogmatique.

Exemple n°1

Le patient :

*-« Mon père a les mêmes problèmes. Il ne **fait jamais** de mouvements et les douleurs cessent **toujours** en trois jours de repos».* [position (1)].

*-« Même si ces exercices ne correspondent pas **à ce que je réalisais** pendant les périodes de crise lombaire, depuis que je les pratique le matin mes problèmes rachidiens ont pour l'instant disparus»* [position (2)].

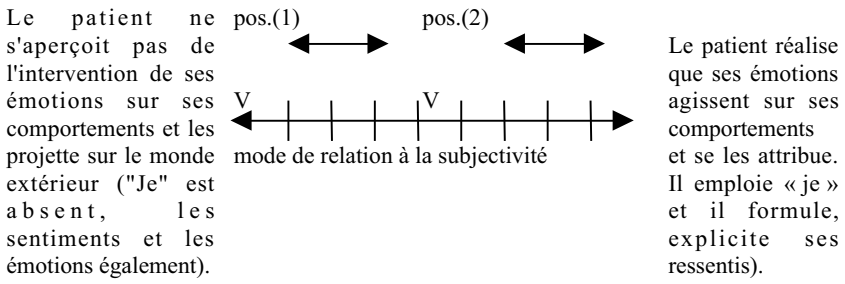


Exemples n°2

Le patient :

- *« **L**es exercices sont impossibles à réaliser et ne servent à rien »* [position (1)].

- « **Je** *souffre tellement par moment que la douleur m'empêche de réaliser ces exercices, je me **décourage** alors rapidement et **je** n'ai plus **envie** de continuer cette rééducation »* [position (2)].



Exemple n°3

Le patient :

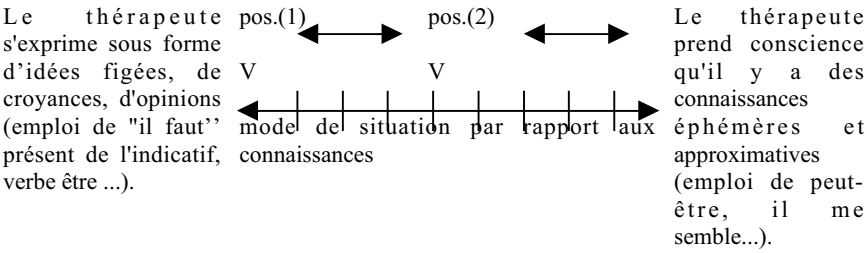
-« Je ne comprends pas la cause de ces douleurs, j'ai complètement cessé les activités physiques».

Le thérapeute :

*-« **C'est** à cause de votre arrêt des activités physiques que vous souffrez du rachis. **Il faut** reprendre les activités physiques et sportives ! »* [position (1)].

*-« Votre arrêt total des activités physiques me **semble** pouvoir constituer une des causes possibles de vos douleurs rachidiennes. La tonification douce et les étirements aident quelques personnes à*

diminuer les problèmes. Vous pourriez ***peut – être*** *essayer, qu'en pensez – vous* ***?*** *»* [position (2)].



Les exemples illustrent le repérage d'objets sensibles à l'étude et une proposition de désensibilisation à l'aide des objets ostensifs matérialisés par la liste établie et par les différentiels qui constituent des indicateurs langagiers.

3. Conclusion et perspectives

Par l'utilisation de nouveaux dispositifs didactiques constitués par des indicateurs langagiers, l'enseignant peut mieux repérer les objets sensibles à l'apprentissage et donner des objets ostensifs spécifiques au savoir pour tenter d'améliorer le rapport de l'élève avec le savoir enseigné. En fonction des objets sensibles à l'apprentissage du savoir lombalgique repérés statistiquement à travers le langage en situation réelle d'enseignement l'aide à l'étude est facilitée par la connaissance des objets sensibles à l'apprentissage du savoir « lombalgie », et par l'utilisation des différentiels pour repérer et désensibiliser les objets sensibles. Ces indicateurs langagiers ostensifs peuvent aider les élèves à s'auto – évaluer sur leur activité au cours de la situation didactique. Les élèves peuvent vérifier, auto - contrôler leur savoir avec les indicateurs pour mesurer l'écart de leur savoir avec le savoir référent. Concomitamment à cet auto – contrôle, ces indicateurs peuvent permettre d'activer le processus d'auto – questionnement : remises en question, recherche de sens de l'activité réalisée par l'élève. C'est la construction de la personne. L'auto – questionnement considère que l'écart entre l'activité réalisée et l'activité que le savoir kinésithérapique définit n'est pas une erreur mais peut être l'expression d'une évolution qui peut signifier l'appropriation du

savoir, le changement de comportement. Pour Vial (1997), « Quand on s'intéresse à l'auto – questionnement, l'écart n'est pas une erreur mais l'expression d'une transformation qui peut fort bien être le signal d'une appropriation. C'est la modification qui est la marque de la compréhension, pas la restitution, ni la reproduction. Le statut de l'erreur doit être négocié ». Les indicateurs langagiers ostensifs mettent en tension l'auto – questionnement avec l'auto – contrôle. Ils substituent les régulations de conformité par les régulations complexes plus favorables à l'évolution du savoir et des comportements. L'instrumentation de l'auto – évaluation par des indicateurs matérialisés par des différentiels permet de traiter les savoirs sur la base de la comparaison.

Les résultats montrent que le savoir issu de la recherche en didactique concernant la lombalgie permet l'auto – questionnement, et le dialogue. C'est à dire, « acceptation et valorisation des conflits sous toutes ses formes » (Vial, 1997). Le travail sur les procédures d'apprentissage peut alors se conjuguer au travail sur les processus d'apprentissage.
Les indicateurs langagiers manipulables par des différentiels ostensifs auto – instrumentalisent la pratique de l'élève et le rapport de l'élève avec le savoir de la lombalgie.
Il semble que l'activité de recherche en sciences de l'éducation est la mieux placée pour produire du savoir de la kinésithérapie concernant les pratiques éducatives, les pratiques d'enseignement et de formation. Un champ de recherche est ouvert.
Le savoir didactique peut aider les kinésithérapeutes à exister et à agir en englobant et en dépassant le problème de santé. C'est à dire à agir en interaction avec un individu physique, mental, social et environnemental et un savoir particulier. Les sciences de l'éducation aident à sortir d'une logique uniquement objectiviste, sans la renier, par une approche pluridisciplinaire qui considère le savoir, les besoins, les projets et l'environnement de l'élève, du sujet malade ou non comme essentiels. Pour Brousseau (1998), il convient d'étudier l'élève en rapport avec le milieu. « L'élève apprend en s'adaptant à un milieu qui est facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres, un peu comme le fait la société humaine. Ce savoir, fruit de l'adaptation se manifeste par des réponses nouvelles qui sont la preuve de l'apprentissage » (Brousseau, 1998).

REFERENCES

Afrek (association Française de recherche et d'évaluation en kinésithérapie., 2000, *Prise en charge kinésithérapique du lombalgique.* Conférence de consensus, 13 et 14 novembre 1998, SPEK, Paris.

BROUSSEAU G., 1998, *Théorie des situations didactiques*. La pensée Sauvage, Grenoble.

DAMASIO A.R., 1995, *L'erreur de Descartes, la raison des émotions*. Odile Jacob, Paris.

FAVRE D. et FAVRE C., 1991, *Naissance du quatrième type : Une approche transdisciplinaire de l'évolution humaine.* Le souffle d'or, Barret le Bas,.

FAVRE D., 1992, *L'introduction de la démarche scientifique dans l'acte pédagogique peut-elle favoriser l'acquisition de nouvelles représentations ?* Actes de journées inter universitaires de recherche en éducation et en formation, Montpellier, édité par Daniel Favre et Yveline Fumat, 72-84.

FAVRE D., 1993., *Approche neuro-pédagogique des lobes frontaux humains*. Les sciences de l'éducation, n° 5-92, 23-44.

FAVRE D., 1997, *Des neuro-sciences aux sciences de l'éducation : contribution à une épistémologie de la variance*. Thèse de Doctorat en sciences de l'éducation, Université de Lyon 2.

GARDNER H., 1983, *Frame of mind : the theory of multiple intelligences,* Basic Book Inc, New York.

GATTO F. et BUI-XUAN G., 1996, *Relativité du savoir et relation thérapeutique : étude d'une population de santé en formation continue*. Kinésithérapie scientifique, n° 361, 47-53, Spek, Paris.

GATTO F. et FAVRE D., 1997, *Utilisation d'indicateurs discursifs pour optimiser les effets de la rééducation auprès de patients lombalgiques*, santé publique n° 3, 9° année, 341-360, SFSP, Nancy.

GATTO F., 1999, *Attitudes cognitives et cultures de soins. Contribution de dispositifs pédagogiques spécifiques aux actions d'éducation à la santé.* Thèse de Doctorat en sciences de l'éducation, Université de Provence, Aix - Marseille 1.

GATTO F. et VIEL E. 2001, *Pédagogie et éducation à la santé.* Education du patient, Les Annales de la kinésithérapie, t.28, n°1, 11-19, Masson, Paris.

GATTO F., 2001, *Contribution de la recherche en didactique à l'enseignement des sciences et techniques de la kinésithérapie*. (soumis à lecture aux PUF).
GREEN L., 1984, *Health education models*. In Matarazzo J; Weiss S, Herd J; Miller N. Behavioural Health. John Wiley and Sons, New York.
HAUT COMITE DE SANTE PUBLIQUE., 1999, *La santé en France 1994-1998, Rapport.* Ministère de l'emploi et de la solidarité, La documentation Française, Paris.
HIRSCH A., 1996, *Education à la santé*. Revue trimestrielle du haut comité de la santé publique, n° 16, éditorial.
JOHSUA S. et DUPIN JJ,. 1993, *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques.* PUF, Paris.
LARIVEE S., PARENT S., CHARLEBOIS P., GAGNON C., LEBLANC M. et TREMBLEY R.E., 1994, *L'interaction du profil intellectuel et de la turbulence à l'école primaire comme prédicteur de la délinquance autorévélée*. Psychologica Belgica, 34-1 : 1-31.
LECLERC A., FASSIN D., GRANDJEAN H., 2000, *Les inégalités sociales de santé.* La découverte, Recherches INSERM éditions, Paris.
LURIA A.R., 1961, *The role of speech in the regulation of normal and abnormal behavior*. Edited by Tizard, New-York.
MORIN E., 1986, *La méthode : tome 3 : la connaissance de la connaissance.* Le Seuil, Paris.
MORIN E., 1991, *La méthode : tome 4 : les idées, leur habitat, leur vie, leurs mœurs, leur organisation*. Le Seuil, Paris.
PIAGET J., 1967, *Psychologie de l'intelligence*. Armand Collin, Paris.
PIAGET J., 1968, *Le structuralisme*, PUF, Paris.
PIAGET J., 1969, *Education et Instruction, psychologie et pédagogie.* Denoël, Paris.
VIAL M., 1997, *Conceptions de la régulation et apprentissage*. Les cahiers de l'année 1997, édité par le département des sciences de l'éducation de l'Université de Provence, Aix - Marseille 1, Cahier n° 9, 67 – 100.
VYGOTSKI L.S., 1934, *Pensées et langage*. Ed Sociales, Paris, 1985.
VINCENT J.D., 1986, *La biologie des passions*. Odile Jacob, Paris.
WERTSCH J.V., 1979, *The regulation of human action and the given new organisation of private speech.* In G.Zivin (Ed), The development of self regulation through private speech, Wiley, New-York, 79-98.

LA VISITE SCOLAIRE AU MUSEE :

REGARDS CROISES D'ENSEIGNANTS EN FORMATION INITIALE ET EN ACTIVITE

Cora Cohen

Equipe de recherche sur la médiation muséale
Muséum National d'Histoire Naturelle

Les enseignants d'aujourd'hui sont les élèves d'hier, quels souvenirs gardent-ils de leurs visites scolaires au musée ? Ces souvenirs influencent-ils l'organisation, et l'exploitation des sorties au musée ? Si tel est le cas, la réalité aujourd'hui est en décalage avec leurs représentations probablement tenaces. Certes, cette relation est née sous le signe de la scolarisation des espaces muséaux (Cohen, Girault, 1999), mais depuis quelques années, les musées se transforment, ils s'ouvrent de plus en plus à tous les publics en prenant en compte les spécificités de ces espaces. On y invente de nouvelles formes d'accueil, et l'on s'interroge pour offrir des projets adaptés aux différents publics, et en particulier aux publics scolaires. Différents auteurs se sont penchés sur cette relation (Girault, Guichard, 1995, Girault, Darot, 1999, ...), pointant la nécessité de créer un véritable partenariat entre ces deux institutions, et donc entre les acteurs en jeu. Mais qu'en est-il aujourd'hui des représentations des enseignants (en poste et en formation initiale) sur le musée et sur les liens que cet espace spécifique pourrait tisser avec l'École ? Comment ces différents acteurs perçoivent-ils la visite scolaire au musée ? Quels objectifs définissent-ils ? Et quels sont les éléments qu'ils mettent en jeu de façon prioritaire dans ces situations ? Pour répondre à ces questions, nous avons mené deux recherches complémentaires, nous permettant de poser, à terme, un regard nouveau sur la question de la

formation des maîtres quant à l'exploitation des espaces muséaux scientifiques[58].

1. Méthodologie

Notre enquête porte sur les pratiques et les représentations des enseignants en formation initiale ou en poste dans le cadre de l'utilisation des musées. La population visée par le questionnaire (n=486) est scindée en deux groupes :

- enseignants en poste (n=262),
- enseignants en formation initiale PE_2 (IUFM) (n=224).

Nous avons réalisé, d'une part, une étude statistique unidimensionnelle, basée sur l'analyse des fréquences des réponses, et d'autre part, une analyse multidimensionnelle[59]. Par cette double approche, nous avons tenté de définir les contours et les limites de cette relation aujourd'hui, ainsi que les obstacles qui lui sont liés, pour établir une nouvelle approche de la formation muséologique des enseignants.

2. Enseignants en formation initiale et en poste : un métier, deux approches

Différents éléments de réflexion ressortent de l'analyse unidimensionnelle. Nous avons choisi de présenter les résultats de façon thématique.

2.1 Types de musées et types de visites

Nous avons interrogé les enseignants sur leur choix par rapport aux types de musées (artistiques ou scientifiques) et cela dans le cadre de

---

[58] Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une thèse en muséologie des sciences de la nature et de l'homme sous la direction du Pr. Yves Girault.

[59] Nous avons alors mis en place une double approche : par une analyse factorielle des correspondances (AFC), et par la réalisation d'arbres de classification (basés sur la similarité des réponses). Une classification hiérarchique des modalités des questions à partir du tableau des données a été réalisée.

visite personnelle ou scolaire. Il est intéressant de constater que selon le cadre de visite ces choix se modifient.

Question fermée	***Enseignants en poste***		***Formation initiale***	
Sortie personnelle	*Effectifs*	*%*	*Effectifs*	*%*
plutôt scientifiques	33	12,8%	23	10,5%
plutôt artistiques	135	52,3%	125	57,1%
les deux avec la même fréquence	90	34,9%	71	32,4%
	n=258		*n=219*	
Sortie scolaire				
plutôt scientifiques	73	28,9%	40	18%
plutôt artistiques	61	24,1%	17	7,7%
les deux avec la même fréquence	119	47%	165	74,3%
	n=252		*n=222*	

Tableau n°1 : Sortie personnelle ou scolaire et choix du type de musée.
N.B. : Une seule réponse possible (utilisation d'un filtre pour prendre en compte uniquement ceux qui ont choisi une seule réponse).

Lors des visites à titre personnel, les deux populations s'orientent en particulier vers des musées d'art au dépend des musées de sciences. Le musée d'art semble ici répondre à un choix d'ordre culturel, associé au temps des loisirs. Nous ne pensons pas que ce choix puisse être lié à une forme d'hermétisme ou de spécialisation de la science pour les publics, puisque depuis une vingtaine d'années environ, la notion de *" mise en culture de la science "* devient progressivement une réalité (Levy-Leblond, 1984).

La sortie scolaire engendre, par contre, un choix différent puisque les enseignants déclarent aller vers les deux types de musée avec la même fréquence. Dans le cadre éducatif, les enseignants ne marquent donc, a priori, aucune préférence. Nous remarquons tout de même que les enseignants en poste ont des avis plus tranchés que leurs futurs collègues. Nous pensons que cette situation est due à une connaissance plus fine des possibilités de visites dans les deux types de musées par rapport aux groupes scolaires. Nous observons également que lorsque les enseignants en formation initiale réalisent

un choix, c'est vers les musées scientifiques qu'ils s'orientent. Il est peu probable de penser que c'est par préférence qu'ils opèrent ce choix aux vues des résultats liés à leurs pratiques personnelles. Par rapport aux représentations des futurs enseignants, il en ressort que si les musées d'art correspondent à un choix d'ordre culturel durant les moments de loisirs, les musées scientifiques répondent à celui de sortie à but pédagogique avec la classe. Dès lors, après les observations des réponses des enseignants en poste, nous pouvons penser que ce type de représentations se modifie avec la pratique et l'utilisation des musées. Nous retrouvons peut-être avec les enseignants en formation initiale, une tendance, observée aux premiers temps de la relation École/Musée (Cohen, Girault, 1999), selon laquelle le musée scientifique semblait plus accessible aux jeunes publics de par leur contenu, que le musée artistique plus ardu puisque étant " *considéré comme l'expression suprême du beau, (il) est plus hermétique "* (Marot, 1938). Comme nous l'avons observé dans le passé (Cohen, Girault, 1999), il semblerait qu'avant toute pratique, l'image du musée puisse être déclinée selon deux axes : le premier, dans le cadre de sorties pédagogiques avec les musées scientifiques, le second, dans celui de sorties culturelles avec les musées artistiques. Au delà de l'héritage historique, il semble exister un élément d'explication du point de vue des contenus de savoir véhiculés par les musées. En effet, au niveau disciplinaire, il est aisé d'établir un lien entre les sciences présentées dans les espaces muséaux et les programmes scolaires. Ainsi, *" l'école exerce une action sur le choix des musées ou expositions temporaires visitées : plus ils sont proches des découpages disciplinaires ou programmatiques et des formes de l'apprentissage scolaire (schémas, importance des textes, petites expériences ou manipulations) plus ils sont sélectionnés. Ils conviennent d'autant plus qu'ils proposent non pas autre chose mais la même chose, et de façon illustrée "* (Caillet, 1995).

2.2 Préparation de la visite

	Enseignants en poste		***Formation initiale***	
Question fermée	*Effectifs*	*%*	*Effectifs*	*%*
Toujours	125	48,1%	160	71,4%
Parfois	125	48,1%	57	25,4%
Jamais	10	3,8%	7	3,1%
	n=260		*n=224*	

Tableau n°2 : Préparation d'une visite à l'aide d'une pré-visite au musée
N.B. : Une seule réponse possible (utilisation d'un filtre pour prendre en compte uniquement ceux qui ont choisi une seule réponse).

Les enseignants en formation initiale semblent très attachés à la pré-visite[60] Notons cependant que l'absence de préparation ne doit pas systématiquement être associée à un manque d'intérêt mais peut aussi relever d'une stratégie pédagogique.

	Enseignants en poste		***Formation initiale***	
Question fermée	*Effectifs*	*%*	*Effectifs*	*%*
Toujours	165	63,2%	162	73%
Parfois	86	33%	51	23%
Jamais	10	3,8%	9	4%
	n=261		*n=222*	

Tableau n°3 : Préparation d'une visite à l'aide du service pédagogique
N.B. : Une seule réponse possible (utilisation d'un filtre pour prendre en compte uniquement ceux qui ont choisi une seule réponse).

[60] L'étude réalisée sur l'approche évaluative du musée pyrénéen de Lourdes (Peignoux et Eidelman, 1998) montre que les enseignants du primaire répondent à plus de 70% toujours préparer leur visite au musée en s'y rendant préalablement, et moins de 10% affirment le contraire. Nos résultats ne sont pas comparables dans la mesure où, par rapport à cette étude, nous avons introduit une troisième catégorie de réponse (" Parfois ").

	Enseignants en poste		***Formation initiale***	
Question fermée	*Effectifs*	*%*	*Effectifs*	*%*
Toujours	174	67,4%	144	65,5%
Parfois	78	30,3%	61	27,7%
Jamais	6	2,3%	15	6,8%
	n=258		*n=220*	

Tableau n°4 : Préparation d'une visite à l'aide de documents sur le musée
N.B. : Une seule réponse possible (utilisation d'un filtre pour prendre en compte uniquement ceux qui ont choisi une seule réponse).

Les enseignants en formation initiale offrent une image de l'enseignant « modèle » (de leurs points de vue) par rapport à leur future activité professionnelle. La préparation avec le service pédagogique est souvent envisagée. La préparation hors site est particulièrement appréciée par ces enseignants, mais également par les enseignants en poste. Cet élément montre l'attirance des enseignants pour les supports papier avant, pendant et après les sorties (fiches enseignants et enfants).

2.3 Objectifs de la visite

	Enseignants en poste		***Formation initiale***	
Question fermée	*Effectifs*	*%*	*Effectifs*	*%*
Objectifs pédagogiques	241	92%	207	92,4%
Objectifs relationnels	66	25,2%	70	31,3%
Objectifs de détente, juste pour le plaisir	66	25,2%	67	29,9%
Objectifs liés à ce que sont les musées	104	39,7%	96	42,9%
Objectifs liés à des contenus de savoirs	162	61,8%	130	58%
	639 réponses n=262	243,9%	570 réponses n=224	254,5%

Tableau n°5 : Objectifs de la sortie scolaire au musée

N.B. : Plusieurs choix de réponses sont possibles, ce qui explique que le nombre de réponses dépasse celui des effectifs, et que le total en pourcentage dépasse les 100%.

Chez les enseignants en poste et en formation initiale, les objectifs principaux des sorties scolaires au musée sont des objectifs pédagogiques et des objectifs liés aux contenus de savoirs. Les sorties scolaires au musée sont donc perçues par les enseignants, en premier lieu, comme des moyens d'apprentissage de contenus.

	Objectifs pédagogiques	Objectifs relationnels	Objectifs de détente, juste pour le plaisir	Objectifs liés à ce que sont les musées	Objectifs liés à des contenus de savoirs
Enseignants en poste	1,5[d]	3,9[a]	3,86[a]	3,04[b]	2,69[c]
Enseignants formation initiale	1,31[e]	3,63[b]	4,0[a]	3,22[c]	2,83[d]

Tableau n°6 : Importance relative des objectifs de la sortie scolaire au musée (rangs)

Les rangs accompagnés de lettres différentes sont significativement différents. Les rangs associés à « a » sont significativement supérieurs à ceux suivis d'un « b » qui, eux-mêmes sont significativement supérieurs à ceux accompagnés d'un « c ».

Par contre, les enseignants ne sont pas particulièrement sensibles aux objectifs liés au musée qui occupent la troisième position dans le choix des deux populations, mais nous remarquons que les enseignants en poste leur accordent plus de poids que les enseignants en formation initiale. La pratique permettrait-elle de prendre en considération l'importance des éléments muséaux en jeu dans les visites scolaires ? Nous pensons que la familiarisation avec l'espace muséal contribue à faire attribuer par les enseignants des objectifs liés aux musées lors des sorties scolaires. Toutefois il apparaît que les éléments muséologiques ne semblent pas être au coeur des préoccupations enseignantes. La sortie scolaire se révèle être une utilisation d'un lieu et non pas une exploitation spécifique.

Les objectifs relationnels ne sont pas cités par les enseignants comme des objectifs prioritaires dans le cadre des visites scolaires[61]. Ce n'est donc pas en terme d'expérience sociale qu'est pensée la sortie au musée. De plus il est très intéressant d'observer le statut donné aux objectifs de plaisir ou de détente. En effet, ils semblent peu importants pour ces populations. Pourtant même si cet élément n'est pas inscrit dans les programmes scolaires, nous défendons le fait qu'il permette d'ouvrir « les portes du savoir », et dans le cas de ce type de sortie, il permet également d'ouvrir les portes du musée comme lieu spécifique. Il existe des réticences de la part des enseignants pour associer la notion de plaisir à des objectifs cognitifs dans le cadre des sorties. Ceux-ci ne sont peut-être pas ignorés mais secondaires. Pourtant nous considérons, au contraire, qu'ils sont essentiels puisqu'ils permettent d'inscrire la sortie scolaire dans le temps en permettant une facilitation des divers objectifs associés (savoir, incitation à de nouvelles visites...).

2.4 Liens entre le programme scolaire et la visite

	Enseignants en poste		***Formation initiale***	
Question fermée	*Effectifs*	*%*	*Effectifs*	*%*
Toujours	125	48,4%	95	42,2%
Parfois	131	50,8%	125	57,3%
Jamais	2	0,8%	1	0,5%
	n=258 *4 valeurs manquantes*		*n=218* *6 valeurs manquantes*	

[61] Pourtant l'étude autour du musée pyrénéen de Lourdes (Peignoux, Eidelman et al., 1998) propose d'autres résultats. En effet, parmi des objectifs culturels, pédagogiques, de détente et de socialisation, c'est ce dernier qui s'avère dominant chez les enseignants interrogés (42%), suivent alors des objectifs d'ordre pédagogique (25%). Il est important de remarquer que, dans cette dernière étude, les éléments classés dans l'aspect de socialisation peuvent être, pour nous, associés à des objectifs liés au musée. C'est le cas, par exemple, de l'apprentissage du plaisir de visite ou encore du respect du lieu. De plus cette recherche interroge des enseignants de primaire mais également de secondaire, ainsi nous pensons que ces deux types de raisons contribuent à expliquer la différence des résultats.

Tableau n°7 : Liens entre la sortie au musée et le programme scolaire
N.B. : Une seule réponse possible (utilisation d'un filtre pour prendre en compte uniquement ceux qui ont choisi une seule réponse).

Pour tous les enseignants, le lien entre les sorties au musée avec les classes et le programme scolaire apparaît être très fort. Concernant la cité des sciences, J. Eidelman et J. Peignoux (1993) précisaient que *" c'est la pléthore d'activités proposées qui semble faire problème. En réalité la question serait plutôt comment faire coïncider l'offre du musée avec une demande enseignante cadrée par le programme scolaire. On met ici réellement aux prises culture muséale et culture scolaire. (...) L'absence d'entrée disciplinaire et le déficit de vision synthétique font violence aux enseignants qui ne peuvent mobiliser leurs critères d'évaluation habituels et qui ont des difficultés à se couler dans le moule des pédagogies non-directives ".* Une rencontre entre le monde scolaire et le monde muséal, a lieu pendant le moment de visite scolaire intégrant des éléments liés à l'École et au Musée. Un ajustement des enjeux de chacun des acteurs doit se réaliser pour créer une véritable relation et non pas une utilisation du lieu par un public. Cette prise en compte des programmes scolaires est incontournable, mais à nos yeux elle ne doit pas effacer un travail intégrant des objectifs plus spécifiques au musée, c'est à dire associer une formation du visiteur à celle de l'élève.

2.5 Visite libre ou guidée ?

	Enseignants en poste	Formation initiale
Catégories des réponses spontanées « justifications »	366 réponses n=218	296 réponses n=166
Visite libre		
Incompétence conférencier	6,9%	15,7%
Compétence enseignant/enfants	9,6%	24,1%
Côté pratique (coût, organisation,...)	22,9%	2,4%
Visite guidée		
Compétence enseignant/contenus	19,3%	21,7%
Compétence conférencier/musée	11,5%	11,4%
Compétence conférencier/enfants	5,5%	1,8%
Compétence conférencier contenus	37,2%	32,5%
Incompétence enseignant/lieu	10,6%	10,8%
Incompétence enseignant/contenus	15,1%	29,5%
Au profit des élèves	19,7%	10,2%
Spécificités musées	3,7%	7,8%
Autres	6%	10,2%
	168%	178,1%

Tableau n°8 : Justification du choix de la visite libre ou guidée
N.B. : Plusieurs choix de réponses sont possibles, ce qui explique que le nombre de réponses dépasse celui des effectifs, et que le total en pourcentage dépasse les 100%.

Il est intéressant d'observer comparativement les regards portés sur les médiateurs muséaux. En effet pour justifier du choix de la visite guidée les deux populations s'accordent sur l'importance des compétences du médiateur sur le contenu. C'est principalement cet élément qui les pousse à faire ce type de choix. *" L'intervention d'une personne tierce dans la relation enseignant-enseigné n'est guère vécue comme déstabilisante, tout au moins dans le cas où la visite au musée est une réussite. Dans bien des cas, elle est ressentie par l'enseignant comme un enrichissement et un rééquilibrage de la relation pédagogique classique, mais également facteur d'une plus grande convivialité "* (Eidelman et Peignoux, 1993). Dans notre étude, le conférencier (ou animateur, ...) est perçu comme un spécialiste du savoir en jeu dans l'exposition. Les enseignants en formation initiale associent à cet élément leurs propres faiblesses sur ces domaines.

Ainsi cette double observation les poussent à se faire accompagner dans leurs visites scolaires.

Lorsque l'enseignant se considère assez formé quant aux savoirs en jeu dans l'exposition, les deux populations choisissent la visite libre. La vision du médiateur muséal joue également dans ces choix. Nous remarquons que les enseignants en formation initiale ont des représentations beaucoup plus négatives que leurs futurs collègues sur les conférenciers. Ils évoquent particulièrement leur incompétence du point de vue pédagogique. D'une façon générale les enseignants en formation initiale se déclarent plus souvent être des spécialistes de la pédagogie par rapport aux médiateurs muséaux. Il semble qu'ils gardent en eux l'image vieillotte du conférencier érudit mais incapable de s'adapter à un public d'enfants. *" La figure de la conférencière traditionnelle incarne tous les défauts de l'institution. Encore peu habituée à un public hétérogène en âge et en origine sociale, elle ne sait pas comment s'y prendre, mais en outre elle ne cherche pas à le faire "* (Eidelman et Peignoux, 1993). Le conférencier est défini comme un spécialiste des contenus, et l'enseignant comme un spécialiste de l'enfant, et cela particulièrement pour les enseignants en formation initiale. Les spécificités de la médiation muséale ne semblent, donc, pas être prises en compte avant toute pratique.

2.6 Regards sur les activités muséales

Enseignants en poste	**Appréciation du fond (contenus)**		**Appréciation de la forme**	
Question fermée	*Effectifs*	*%*	*Effectifs*	*%*
Oui	220	90,2%	170	76,6%
Non	24	9,8%	52	23,4%
	n=244		n=222	

Tableau n°9 : Appréciation des enseignants concernant le fond (contenus) et la forme des animations muséales
N.B. : Une seule réponse possible (utilisation d'un filtre pour prendre en compte uniquement ceux qui ont choisi une seule réponse).

Les enseignants en poste sont assez séduits par les animations proposées par les musées. Même si la forme les convainc bien plus que le fond, ces animations correspondent à leurs attentes.

	Enseignants en poste	***Formation initiale***
catégories des réponses spontanées « justifications »	154 réponses n=126	95 réponses n=78
Critiques négatives		
Mal adaptés aux enfants/ enfants mal tolérés	11,1%	19,2%
Problèmes pratiques (coût, géographie...)	23%	10,3%
Problèmes de communication	23%	35,9%
Objectifs différents	6,3%	10,3%
Autres	2,4%	5,1%
Total critiques négatives	**65,8%**	**80,8%**
Critiques positives		
Adaptés aux enfants	18,3%	3,8%
Bonnes relations, bonne communcation	25,4%	7,7%
Autres	12,7%	29,5%
Total critiques positives	**56,4%**	**41%**
Total	122,2%	121,8%

Tableau n°10 : Justification de l'état des relations entre l'École et le Musée
N.B. : Plusieurs choix de réponses sont possibles, ce qui explique que le nombre de réponses dépasse celui des effectifs, et que le total en pourcentage dépasse les 100%.

Lorsque ce n'est pas le cas, ce sont, à nouveau, des problèmes d'ordre pédagogique et principalement des problèmes d'adaptation au public scolaire qui sont évoqués. Les enseignants en poste ont une meilleure connaissance de la réalité puisqu'ils citent beaucoup plus largement que les autres populations des problèmes d'ordre pratique. Le problème de communication entre ces deux institutions, est, pour les deux populations, très important.

Les regards portés par les différentes populations sur la relation entre l'École et le Musée sont très intéressantes. Il semblerait que la pratique des visites scolaires au musée permette de transformer une représentation " négative et traditionnelle " des musées (non adaptés

au public des enfants, ou, dans lesquels ces derniers ne sont pas facilement acceptés) en des représentations plus positives. Aux yeux des enseignants en formation initiale le musée est encore aujourd'hui un lieu fermé. Ces représentations peuvent être, soit le résultat d'expériences passées, soit, comme nous avons tendance à le penser, les restes d'une image poussiéreuse largement existante au sein de nombreuses populations.

3. Vers une typologie des enseignants

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) réalisée sur ces populations ainsi que les arbres de classification nous permettent d'observer des distinctions importantes entre les enseignants en poste et les enseignants en formation initiale, et de tendre vers un regroupement multiple des réponses.

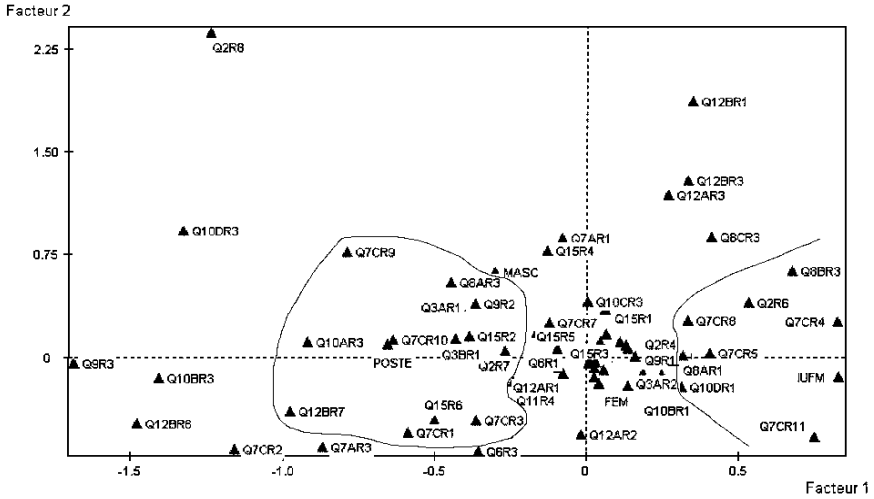


Fig. n°1: Enseignants français en formation initiale et en poste (AFC)

Parmi les enseignants en poste deux tendances se dessinent[62]. La première se distingue par une vision positive du musée et de ses

[62] Ces deux tendances ont pu être mises en évidence par la lecture des arbres de classification. Ces derniers ne sont pas fournis dans cet article faute de place (cf. Cohen, 2000).

réalisations vis-à-vis du public scolaire, la seconde, plus axée sur le monde scolaire, met en évidence des enseignants impliqués mais moins consciencieux dans leur préparation que leurs cadets en formation.

Les enseignants en poste ayant une bonne image du musée et des relations entre le monde scolaire et le monde muséal (Q12br7) accordent beaucoup de crédit au personnel en charge de l'accueil des groupes scolaires dans les expositions. En effet, ils les trouvent compétents du point de vue de la connaissance des contenus (Q7cr3), mais aussi du musée (Q7cr1). Notons tout de même que leurs qualités pédagogiques ne sont pas mises en avant, même si le choix de la prise en charge du groupe par un acteur muséal est motivé par l'enrichissement qu'il apporte aux élèves(Q7cr10).

La seconde tendance observée chez les enseignants en poste illustre un discours basé davantage sur l'École. Ces enseignants choisissent dans le cadre de leurs visites à titre personnel ou pour des visites scolaires des musées scientifiques (Q3ar1, Q3br1). Dans ce dernier cas de figure, ce choix est associé à des motivations par rapport aux élèves (Q2r7). C'est une ouverture sur ces espaces spécifiques qui est ici mise en avant, bien qu'aucune préparation des élèves sur ce que sont les musées ne soit jamais envisagée (Q10ar3). Lorsque l'on compare les préparations imaginées précédemment par les enseignants en formation initiale avec celles réellement réalisées par les enseignants en poste, des différences fortes apparaissent. Bien que les enseignants en poste semblent s'impliquer dans les visites scolaires au musée, leurs propres préparations ainsi que celles de leurs élèves ne sont pas des éléments incontournables. La pré-visite, par exemple, n'est jamais envisagée (Q8ar3). Il semble que les enseignants en formation initiale aient une vision « modèle » de leurs pratiques futures, par rapport aux pratiques réelles des enseignants en activité. Un élément caractéristique des réponses des enseignants est l'utilisation de questionnaires pour les élèves dans le cadre de visite sans conférencier (Q15r6).

Par rapport à la population précédente, les enseignants en formation initiale semblent ne pas être à l'aise par rapport à l'exploitation du musée dans le cadre de la visite scolaire, mais cette situation ne les

incite pas à accorder leur confiance aux conférenciers. Ils ont sur ces acteurs muséaux des représentations très négatives, et particulièrement en ce qui concerne leur façon d'aborder le public des enfants (Q7cr4) comme nous l'avons vu avec la précédente méthode d'analyse. Il leur est principalement reproché leur manque d'adaptation dans le vocabulaire et dans les explications données aux plus jeunes, mais aussi leur ignorance pédagogique. Cet élément les oppose aux enseignants eux-mêmes, en effet, si les conférenciers sont perçus, par les enseignants en formation initiale, comme des spécialistes des contenus dont les incompétences se situent au niveau de leur approche pédagogique, les futurs enseignants se considèrent comme des professionnels de la pédagogie (Q7cr5), incompétents du point de vue des contenus traités dans les expositions (Q7cr8). Pourtant ce sont les thèmes exploités par les musées, et non pas le musée, ou l'approche proposée en son sein, qui provoque la motivation de sortie scolaire des enseignants (Q2r6).

4. Vers une formation muséologique des enseignants

Aujourd'hui nous pouvons pointer essentiellement deux types de problèmes dans la relation entre l'École et le Musée, compte tenu de l'étude des populations enseignantes. La première est liée aux représentations sur le musée, la seconde, sur l'utilisation spécifique de ce lieu. L'histoire du musée et de la mise en place de médiateur en son sein pèse encore aujourd'hui sur les représentations des enseignants. Nous observons une différence entre les propos tenus par les enseignants en poste et leurs futurs collègues. Ces derniers ont peut-être en tête des souvenirs de visite scolaires réalisées lorsqu'ils étaient écoliers. Ils fondent leurs représentations sur ces événements puisqu'ils n'ont pas encore réalisés eux-mêmes ce type d'accompagnement. Les représentations sur les médiateurs muséaux sont particulièrement négatives. La connaissance de la situation actuelle semble les modifier puisque les enseignants en poste ne partagent pas ces points de vue. Un travail important est donc à réaliser du point de vue des représentations sur le musée, et de fait, sur son utilisation dans le cadre d'une sortie scolaire. En effet, les représentations engendrent des pratiques particulières. Si seule l'École ouvre à certains enfants les portes du musée, elle ne les forme pas à

son utilisation par la prise en compte d'éléments spécifiques. Cette formation est donc dirigée vers l'enfant ou l'élève et non pas vers le visiteur. Nous le voyons par rapport à la position que tiennent les enseignants sur la préparation liée à ce qu'est le musée, ou les objectifs qui lui sont liés. Nous sommes donc ici dans une situation qui ne permet pas l'ouverture du Musée par la formation du visiteur au profit d'une utilisation ponctuelle du lieu à des fins scolaires. Comme il est nécessaire de travailler sur les représentations préalables que des sujets ont sur des concepts avant tout apprentissage, il nous semble que ce même type d'approche s'impose concernant les musées. En effet, si une visite scolaire veut atteindre d'autres objectifs que ceux liés au contenu de savoir, si un certain travail sur la formation du visiteur qu'est l'élève veut être opéré, une formation ou une sensibilisation à différents éléments muséologiques est incontournable. Une plus grande connaissance de ce lieu permettrait de transformer les représentations qui lui sont liées, mais également les moyens d'utilisation de ces espaces. La formation des enseignants, tant dans le cadre de la formation initiale que continue, devrait se pencher sur cette question. Les thématiques pourraient se décentrer des contenus pour s'orienter vers des spécificités de lieux (lecture de l'exposition : mises en scènes, muséographie, muséologie,...)[63]. Celles-ci ne serait pas uniquement liées au seul lieu qu'est le musée, puisque la démarche de s'interroger sur la lecture d'une exposition, est transposable à la « lecture d'autres lieux » ou d'autres « objets » (oeuvres, ...). Le musée n'est plus, dans ce cas, un outil mais devient un véritable média. Ce serait dès lors, une formation du visiteur, ou de l'individu, qui s'engagerait, et non pas exclusivement celle de l'enseignant ou de l'élève.

REFERENCES

CAILLET E., (1995), A l'approche du musée, la médiation culturelle, PUL, Lyon, 306 p.

[63] Notons que ce type de formation existe aujourd'hui dans certains musées comme le Muséum National d'Histoire Naturelle, pour ne citer qu'un exemple.

COHEN C., (2000), Contribution à l'étude des relations entre l'École et le Musée, Vers une formation de l'enfant visiteur, Thèse, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 555 p.
COHEN C., GIRAULT Y., (1999), Quelques repères historiques sur le partenariat École-Musée, ou quarante ans de prémices tombées dans l'oubli, in ASTER n°29, Paris, pp. 9-25.
EIDELMAN J., PEIGNOUX J., (1993), Le répertoire des significations d'un partenariat, L'image de la Cité des Sciences et de l'Industrie chez les enseignants du primaire, rapport final, ExpoMédia-International, URA 887, Paris, 165p.
GIRAULT Y., DAROT E., (1999), L'école et ses patenaires scientifiques, ASTER n°29, INRP, Paris, 236 p.
GIRAULT Y., GUICHARD F., (1995), Problématique et enjeux du partenariat Ecole-Musée à la Grande Galerie de l'Evolution du Muséum National d'Histoire Naturelle, in Publics et Musées n°7, pp.69-91.
LEVY-LEBLOND J.M., (1984), L'esprit de sel : Science, culture, politique, Paris, Seuil, Point sciences.
MAROT P., (1938), Musées et éducation, comment on doit montrer un musée aux enfants, in L'éducation par la récréation, Ed. Berger-Levrault, Paris, pp.87-92.
PEIGNOUX J. et al. (1998), Approche évaluative du musée pyrénéen de Lourdes. Développement d'un partenariat avec les scolaires. Rapport CNRS, 73 p. Paris.

LES CONCEPTIONS, LES RAISONNEMENTS ET LES DIFFICULTES DES ELEVES

LE RAISONNEMENT EN TERME D'OBJET DANS LA PHYSIQUE DES ONDES :

CAS DE LA SURFACE D'ONDE ET DU PRINCIPE DE HUYGENS

Laurence Maurines

I.U.F.M. de Créteil et L.D.S.P
Université Denis Diderot Paris 7, Case 7086
2, place Jussieu, 75251 Paris Cedex 05
Laurence.Maurines@creteil.iufm.frlaurence.maurines@wanadoo.fr

Introduction

Depuis plusieurs années, nous menons des recherches sur les difficultés soulevées par l'étude des phénomènes ondulatoires car c'est un domaine de la physique moins exploré que d'autres sur le plan de la didactique et connu des enseignants comme difficile à enseigner. Nous espérons par là contribuer à une réflexion sur les objectifs pédagogiques à poursuivre et sur les méthodes à utiliser pour les atteindre.
Après nous être intéressés à la propagation selon une direction des signaux mécaniques, signaux visibles tels qu'un signal transversal sur une corde (1986, 1995) ou signaux non visibles tels qu'un son dans l'air (1992), nous nous sommes penchés sur la propagation selon plusieurs directions d'une onde non visible (sonore ou lumineuse) en présence ou non d'obstacles matériels, c.a.d. de phénomènes tels que la réflexion et la diffraction (1995, 1997a, 1997b,1998). Nous avons ensuite abordé la formation des images en éclairage cohérent (1999) ou non (2000). Tout au long de ces différentes études, nous avons dégagé et analysé les principales tendances de raisonnement qui se manifestent parmi des groupes d'élèves et d'étudiants relativement variés, afin d'en proposer un "modèle", c.a.d. une description

synthétique, organisée et prédictive. Ce modèle met en évidence l'existence de quatre tendances de raisonnement se manifestant de manière transversale aux différentes situations que nous avons explorées.

Nous nous intéresserons ici à une seule des quatre tendances du raisonnement commun sur les ondes : considérer le signal ou l'onde en déplacement comme un objet matériel mis en mouvement par la source qui les a créés. Nous laisserons de côté le problème déjà étudié de la dynamique à laquelle obéit la propagation d'un signal ou d'une onde (1986, 1992, 1997b). Nous nous restreindrons au fait que tout se passe comme si, pour les étudiants, la "forme" d'un signal ou d'une onde, c.a.d. la forme visible que l'on voit dans le cas d'un signal transversal sur une corde ("la bosse") ou celle que l'on représente graphiquement dans le cas d'ondes sonores ou lumineuses (la surface d'onde), possédait certaines caractéristiques spécifiques d'un objet matériel. Nous présenterons uniquement les résultats non publiés portant sur la surface d'onde et montrerons qu'un raisonnement en terme d'objet est difficilement compatible avec l'utilisation du principe de Huygens.

Parmi la littérature en didactique portant sur les conceptions et modes de raisonnement dans le domaine des ondes, nous n'en connaissons pas ayant abordé ces thèmes. Nous pouvons par contre repérer des tendances vers un raisonnement mécaniste sur les résultats de plusieurs études portant sur des situations identiques ou non à celles que nous avons explorées. Il en est ainsi des études sur le son de Linder et Erickson (1989) ou d'Asoko et al (1991), des travaux sur la superposition de deux signaux transversaux se propageant sur une corde d'Abboud (1989) et de Wittman et al (1999), des études sur la lumière de Lefevre (1988), Ambrose et al (1999) et Colin (1999). Signalons enfin les nombreux travaux sur la formation des images en optique géométrique mettant en évidence l'existence d'un raisonnement en terme d'image voyageuse (cf, par exemple, Galili, 1996).

1. Problématique : quelques remarques sur le concept de surface d'onde et sur le principe de Huygens

Une onde est une modification d'une propriété de l'espace variable à la fois dans l'espace et le temps. Le champ caractérisant cette propriété est décrit par une fonction F dépendant des variables d'espace et de temps. Le phénomène de propagation se traduit par le fait que la fonction d'onde F dépend d'une fonction __couplant l'espace et le temps. Par exemple, dans le cas d'une onde plane progressive sinusoïdale décrite par F(x, t) = A sin(_t-kx), on a __x, t)=_t-kx. La fonction __est la phase de l'onde progressive. Nous dirons qu'à une valeur donnée de la phase __de l'onde correspond un point particulier de l'onde et généraliserons ainsi des expressions du type "un sommet ou un creux d'une onde progressive". Lors de la propagation dans un milieu de dimension trois, on est amené à définir à partir de la fonction d'onde F=A sin_ des surfaces particulières. Une surface de phase, encore appelée surface d'onde, est l'ensemble des points du milieu atteints au même instant par un point de l'onde, c.a.d. vérifiant __x, y ,z ,t_=constante. Une surface isoamplitude est l'ensemble des points du milieu pour lesquels l'amplitude du champ est la même, c.a.d. vérifiant A(x, y, z)=constante. Sur une surface d'onde, l'amplitude de l'onde n'est pas nécessairement constante.
La surface d'onde de l'onde résultant de la superposition d'ondes émises par une distribution continue de sources cohérentes est l'enveloppe des surfaces d'onde des ondes élémentaires sphériques. Ce principe des ondes-enveloppes peut s'appliquer dans le cas des sources fictives d'une surface d'onde (principe de Huygens) ou dans celui de sources matérielles, primaires ou secondaires réparties sur une surface de séparation entre deux milieux.

2. Questions explorées

Nous avons commencé à explorer le thème de la surface d'onde en 1993 dans le cadre d'une étude débutée en 1991 portant sur les difficultés soulevées par la propagation d'une onde dans un milieu à trois dimensions en présence ou non d'obstacles. Quatre enquêtes ont été menées sur ce thème. Une vise à voir si on retrouve dans des situations de propagation selon plusieurs directions la même difficulté

à dissocier les concepts de phase et d'amplitude que celles mises en évidence dans des situations de propagation selon une direction (1995). Une autre porte sur les représentations graphiques de phénomènes sonores et lumineux (1997a). Une autre encore cherche à examiner si les étudiants attribuent à la surface d'onde les mêmes caractéristiques d'objet que celles qu'ils attribuent à la "bosse" qui se propage sur une corde (avoir une forme indépendante de la vitesse de propagation et de la source à l'origine du mouvement). Une dernière concerne le principe des ondes-enveloppes.
Après avoir rappelé un résultat essentiel de la première enquête (1995), nous présenterons ceux en attente de publication et concernant les deux dernières enquêtes (1998). Nous aborderons les questions suivantes et en interpréterons les résultats :

- Pour les étudiants, une surface d'onde est-elle une surface équiphase ?
- Pour eux, la forme d'une surface d'onde dépend-elle du milieu de propagation et de la forme de la source étendue qui crée l'onde ?
- Pour eux, la forme d'une surface d'onde change-t-elle lors d'une réflexion ou d'une transmission d'un milieu à un autre ? Dans ces situations, les étudiants utilisent-ils le principe de Huygens pour obtenir la forme d'une surface d'onde à un instant donné ?
- Pour eux, existe-t-il une surface d'onde pour l'onde résultant de la superposition de deux ondes monochromatiques progressives cohérentes ?

3. Méthodologie

Ces questions ont été explorées à l'aide de neuf questionnaires papier-crayon. Différentes situations ont été utilisées : propagation, dans un milieu homogène, d'une onde émise par une source monochromatique, directionnelle ou non, considérée comme ponctuelle ; propagation, dans un milieu homogène ou non, d'une onde émise par une source monochromatique, omnidirectionnelle et ponctuelle ; propagation d'une onde émise par une source étendue dans un milieu homogène ; réflexion d'une onde plane monochromatique sur une surface de forme "parabolique" ; transmission d'une onde plane monochromatique à une interface de forme "sinusoïdale" ; superposition de deux ondes émises par des sources monochromatiques ponctuelles et cohérentes. Certains

questionnaires précisent le type d'onde utilisé (onde sonore ou lumineuse, rides à la surface de l'eau), d'autres ne le font pas. Les questions sont qualitatives et demandent de tracer une surface d'onde à un instant donné ou de comparer la forme de deux surfaces d'onde. Elles sont toujours accompagnées d'une demande de justification. Environ deux cents soixante étudiants ayant suivi un enseignement de niveau universitaire sur les ondes (la majorité de niveau deuxième cycle) ont été interrogés. Ils n'ont pas eu à répondre à l'ensemble des questionnaires. Comme il n'y a pas de différence significative entre les résultats obtenus auprès des différents sous-groupes interrogés, nous les avons regroupés.

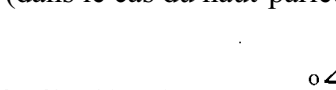
4. Résultats : pour les étudiants, une surface d'onde n'est pas une surface équiphase

La surface d'onde de l'onde sonore émise par un haut-parleur directionnel de diagramme de rayonnement donné est sphérique mais la surface isoamplitude ne l'est pas.
A une question demandant de comparer les surfaces d'onde des ondes émises par des sources ponctuelles omnidirectionnelle et directionnelle (encadré 1), 3% des 41 étudiants interrogés ne répondent pas et seulement 7% disent que les surfaces d'onde sont identiques. 90% des étudiants répondent que les surfaces d'onde sont différentes. La majorité des étudiants qui complètent leur réponse (51% sur la population totale) représentent en fait des surfaces isoamplitudes et non des surfaces d'onde (fig.1 de l'encadré 1).

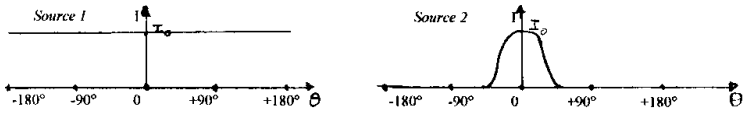
Encadré 1: forme de la surface d'onde d'une onde émise par une source ponctuelle directionnelle

Enoncé du questionnaire :

Une source sonore placée en O (par exemple, un haut-parleur),est caractérisé par son diagramme de rayonnement. Celui-ci donne l'intensité sonore I en un point M situé à un mètre de la source en fonction de l'angle __que fait OM avec une direction privilégiée (dans le cas du haut-parleur, son axe de révolution).



Les schémas ci-dessous donnent le diagramme de rayonnement de deux sources sonores (que l'on considérera comme ponctuelles) émettant à 2000Hz.

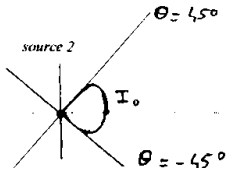


Question : la propagation de l'onde émise par la source 2 correspond-elle à la même surface d'onde que celle correspondant à la source 1 ?
Oui Comment est la surface d'onde ? Pourquoi ? Représentez-la.
Non Comment sont les surfaces d'ondes ? Pourquoi ? Représentez-les.

Exemple de réponses d'étudiants :

Fig.1 *source 1, cercle de rayon I_0 de centre O*
$\forall \theta, I = I_0$

source 2



Tout se passe comme si pour les étudiants, une surface d'onde était la forme d'un objet matériel.

Forme d'une surface d'onde d'une onde progressive émise par une source ponctuelle et se propageant dans un milieu inhomogène.

Une surface d'onde étant l'ensemble des points du milieu atteints au même instant par un point de l'onde, sa forme dépend de la vitesse de propagation. La forme d'une surface d'onde dépend donc de la vitesse de l'onde alors que la forme d'un solide indéformable ne dépend pas de sa vitesse de déplacement. La surface d'onde d'une onde émise par une source ponctuelle est sphérique uniquement si la propagation a lieu dans un milieu de vitesse de propagation constante (milieu homogène).

A une question demandant de comparer la forme d'une surface d'onde d'une onde progressive sinusoïdale (lumineuse ou sonore) se propageant dans un milieu inhomogène (air de température variant

avec l'altitude) avec la forme d'une surface d'onde se propageant dans un milieu homogène (air de température uniforme) (encadré 2), on obtient 39% de non réponses dans le cas de la lumière (N=28) et 18% dans le cas du son (N=33). 41% des étudiants fournissant une réponse dans le cas de la lumière et 67% dans le cas du son disent que les surfaces d'onde sont identiques et sphériques. Les justifications montrent que la forme de la surface d'onde ne dépend pas de la vitesse de propagation : *"la surface d'onde 2) est identique à la surface d'onde 1) car elle ne dépend pas de la vitesse de la lumière", "la surface est la même mais elle parvient au récepteur plus vite", "le changement de température fait varier la vitesse mais pas la forme de la surface d'onde".*

Encadré 2 : forme de la surface d'onde d'une onde se propageant dans un milieu inhomogène

Enoncé du questionnaire sur la lumière :
Une source lumineuse, considérée comme ponctuelle et placée en O, émet dans toutes les directions avec la même intensité.

1) Représentez la surface d'onde passant par le point M lorsque la source émet dans l'air, celui-ci ayant une température uniforme et en l'absence de vent. Justifiez votre réponse.
2) On suppose qu'il n'y a pas de vent et que la température diminue avec l'altitude. La surface d'onde passant par M est-elle identique à la surface d'onde de la question 1 ? On rappelle que la vitesse de la lumière décroît avec la température.

Oui, Pourquoi ? Non, Pourquoi ? Comment est la surface d'onde ? Représentez-la ci-dessous.
Le questionnaire pour le son est rédigé de manière identique à part le fait qu'il est précisé que la vitesse du son dans l'air croît avec la température.

Forme de la surface d'onde d'une onde émise par une source étendue et se propageant dans un milieu homogène.

Alors que la forme d'un solide indéformable ne dépend pas de la source qui le met en mouvement, la forme d'une surface d'onde dépend de la forme de la source étendue en champ proche, autrement dit "très peu de temps" après la création de cette surface d'onde. Pour tracer une surface d'onde en champ proche, la forme de la source étendue étant donnée, on peut utiliser deux méthodes. On peut

considérer que la surface d'onde initiale est confondue avec la surface de la source et que les points de l'onde se déplacent perpendiculairement à cette surface avec une vitesse égale à la vitesse de propagation. On peut décomposer la surface de la source en un ensemble de points-sources cohérents, émettant des ondes élémentaires sphériques, et obtenir la surface d'onde à un instant donné, en prenant l'enveloppe, à cet instant, des surfaces d'onde des ondes élémentaires (principe de Huygens). Nous dirons qu'en utilisant la première méthode, nous restons au niveau macroscopique et qu'en utilisant la deuxième, nous relions le niveau macroscopique au niveau des ondes élémentaires.

A une question demandant de comparer la forme des rides se propageant à la surface d'un lac de profondeur variable juste après le lâcher d'une boule ou d'un pavé cubique, 35% des 46 étudiants interrogés ne répondent pas. Seulement 24% d'entre eux répondent correctement et 46% disent que la forme des rides est identique dans les deux situations. Certaines justifications insistent sur le fait que la forme des rides n'a rien à voir avec la forme de la source étendue : *"les fronts d'onde sont toujours circulaires. Elles sont indépendantes de la forme des objets. Seule l'amplitude variera en fonction de la masse des objets", "car ce n'est pas la forme de l'objet qui est importante. C'est le fait qu'il y ait contact avec la surface de l'eau".*

Bien que ces réponses puissent provenir d'une référence implicite à l'expérience familière consistant à jeter des cailloux dans l'eau, elles nous semblent significatives par l'insistance des commentaires. De plus, elles peuvent être interprétées, comme celles obtenues à la question portant sur la propagation dans un milieu inhomogène, en disant que les étudiants considèrent globalement une surface d'onde : celle-ci n'est pas discrétisée en une infinité de points se propageant dès l'instant de leur création. Soulignons pour terminer qu'aucun étudiant ne passe au niveau des ondes élémentaires pour obtenir la forme de la surface d'onde : le principe de Huygens et le terme "enveloppe" ne sont jamais mentionnés.

Forme d'une surface d'onde d'une onde progressive réfléchie ou transmise.

Pour obtenir la forme d'une surface d'onde d'une onde réfléchie ou transmise, les formes d'une surface d'onde incidente et de la surface de séparation (réfléchissante ou réfractante) étant données, on peut

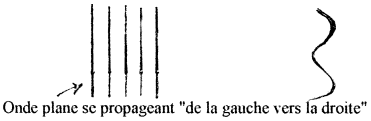
utiliser trois méthodes. Deux portent sur le niveau macroscopique : une fait appel aux lois de la réflexion ou de la réfraction ainsi qu'à l'orthogonalité de la surface d'onde et des rayons ; une autre utilise le fait que le "chemin" parcouru le long d'un rayon par un point de l'onde ne dépend pas du point choisi sur la surface d'onde incidente. La troisième méthode relie le niveau macroscopique et le niveau des ondes élémentaires : elle s'appuie sur le fait que chaque point de la surface de séparation se comporte comme une source de Huygens émettant une onde élémentaire sphérique et que la surface d'onde de l'onde réfléchie ou transmise est l'enveloppe des surfaces d'onde des ondes élémentaires. Dans les situations proposées, la forme des surfaces d'onde des ondes transmise ou réfléchie est différente de celle de la surface d'onde de l'onde incidente et de celle de la surface de séparation.

A une question demandant de tracer une surface d'onde d'une onde transmise par une interface "sinusoïdale"(encadré 3), sur les 15 étudiants interrogés, 11 fournissent une réponse. Seuls deux représentent une onde transmise de forme différente de la surface de séparation. Ces 2 dessins ne sont pas justifiés et portent uniquement sur le niveau macroscopique (aucune surface d'onde secondaire n'apparaît). Parmi les 9 étudiants donnant une réponse incorrecte, 7 représentent une surface d'onde transmise de même forme que la surface de séparation (fig.1) et 2 une surface d'onde plane (fig.2).

Encadré 3 : surface d'onde d'une onde transmise

Enoncé du questionnaire : On considère une onde plane monochromatique arrivant à la surface de séparation de deux milieux homogènes et isotropes (cela signifie que la vitesse de propagation de l'onde est la même en tout point d'un même milieu et est indépendante de la direction de propagation). On supposera que la vitesse dans le premier milieu est supérieure à la vitesse dans le deuxième milieu. La surface de séparation n'est pas plane.
Question : représentez une surface d'onde transmise et expliquez comment vous l'avez obtenue.

milieu 1 surface de séparation milieu 2

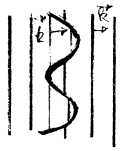


Onde plane se propageant "de la gauche vers la droite"

Exemples de réponses d'étudiants :

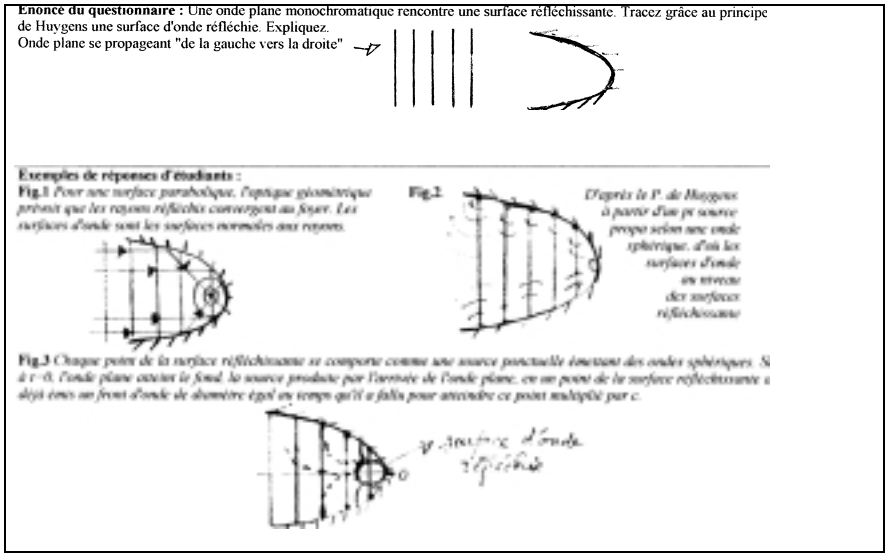
Fig.1
Surface d'onde = surface pour laquelle les points arrivent en phase

Fig.2
Le déphasage sera le même en tout point de la surface de séparation. Après avoir passé la surface tous les points de l'onde incidente se retrouvent en phase.



A une question demandant de tracer une surface d'onde d'une onde réfléchie par une surface "parabolique" grâce au principe de Huygens (encadré 4), 37% des 49 étudiants interrogés ne répondent pas et 13% demandent ce qu'est le principe de Huygens. La majorité (67%) des 27 réponses accompagnées de dessin portent uniquement sur le niveau macroscopique. 33% de ces réponses sont correctes (fig.1) et 67% incorrectes. Parmi ces dernières, on retrouve les mêmes erreurs que celles observées dans la situation de transmission : 5 étudiants tracent une surface d'onde réfléchie plane et 3 une surface d'onde parallèle à la surface réfléchissante. 33% des 27 réponses accompagnées de dessin prennent en compte le niveau des ondes élémentaires. Parmi elles, il y en a qui portent uniquement sur ce niveau (15%, fig.2) et d'autres qui prennent aussi en compte le niveau macroscopique (18%). Seulement deux tiers de ces réponses (13%, N=27) correspondent à un lien correct entre les deux niveaux basé sur le principe de Huygens (fig.3).

Encadré 4 : surface d'onde d'une onde réfléchie



La majorité des réponses incorrectes fournies à ces deux questionnaires portent sur le niveau macroscopique. Sur la plupart, tout se passe comme si la surface d'onde incidente était la forme d'un objet indéformable qui rebondit ou traverse l'interface ou bien comme si cette surface d'onde était la forme d'un objet malléable qui garde l'empreinte de ce qui s'est passé.

Forme de la surface d'onde de l'onde résultante de la superposition de deux ondes émises par des sources ponctuelles cohérentes.

La surface d'onde de l'onde résultant de la superposition de deux ondes émises par des sources ponctuelles cohérentes est de forme elliptique. Elle peut être assimilée à l'enveloppe des surfaces d'onde des ondes émises par les deux sources lorsqu'on est suffisamment loin des sources de sorte à pouvoir considérer la distribution des sources comme continue. L'amplitude de l'onde résultante est modulée : il existe des surfaces hyperboliques d'intensité maximum et nulle (franges d'interférence).

A une question demandant de tracer une surface d'onde de l'onde résultant de la superposition des ondes émises par deux sources monochromatiques cohérentes en phase (encadré 5), 41% des 27 étudiants fournissant un schéma tracent les surfaces d'onde des ondes émises par les deux sources ponctuelles ainsi que leur enveloppe (fig.1). 26% représentent les surfaces d'onde des ondes émises par les

deux sources ponctuelles mais par leur enveloppe (fig.2). 26% dessinent des franges d'interférence et non des surfaces d'onde (fig.3).

Encadré 5 : superposition de deux ondes sphériques émises par deux sources ponctuelles

Enoncé du questionnaire : On considère une source ponctuelle S émettant une onde monochromatique dans un milieu homogène et isotrope. Le schéma ci-dessous représente une surface d'onde à un instant donné t_0.

On considère à présent deux sources ponctuelles S_1 et S_2 émettant une onde de même fréquence que celle émise par la source précédente S.

Question : Est-ce que la surface d'onde correspondant à l'onde émise par ces deux sources est identique à celle correspondant à la source S ? oui, non, pourquoi ? Représentez ci-dessous une surface d'onde au même instant t_0 que précédemment. Expliquez. On supposera les deux sources en phase.

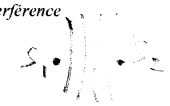
. S_1 . S_2

Exemples de réponses d'étudiants :

Fig.1 *les parties en pointillé ayant subi des interférences, elles ne font plus partie de la surface d'onde*

Fig.2

Fig.3 *interférence*



Les franges d'interférence étant des surfaces isoamplitudes, on retrouve ici la tendance à assimiler surface d'onde et surface isoamplitude. Il est vraisemblable que la non représentation d'enveloppe n'est pas liée à l'impossibilité d'utiliser ce concept quand

on est proche des sources car aucun étudiant n'explicite ce fait. Ce type de réponses est compatible avec un raisonnement en terme d'objet : tout comme deux anneaux emboîtés l'un dans l'autre, les surfaces d'onde des deux ondes qui se superposent gardent leur identité propre.

5. Discussion

Les résultats précédents confirment l'existence de tendances vers un raisonnement en terme d'objet. En effet, pour les étudiants :

- la forme d'une surface d'onde d'une onde progressive ne dépend pas de la vitesse de propagation, tout comme la forme d'un solide indéformable ne dépend pas de sa vitesse de déplacement.
- la forme d'une surface d'onde d'une onde progressive ne dépend pas de la source étendue qui est à l'origine de l'onde, tout comme la forme d'une balle ne dépend pas de la main qui la lance.
- la forme d'une surface d'onde d'une onde incidente est conservée lors d'une réflexion ou d'une transmission d'un milieu à un autre comme si cette forme était celle d'un objet indéformable, ou bien garde l'empreinte de ce qui s'est passé comme si cette forme était faite en pâte à modeler.
- dans des situations de superposition d'ondes cohérentes, chaque onde garde son identité propre et l'onde résultante n'a pas de surface d'onde.

Par ailleurs, dans ces situations de propagation selon plusieurs directions, on retrouve deux autres tendances de raisonnement déjà observées dans le cas de la propagation d'une bosse sur une corde :

- considérer la forme en mouvement comme un tout. Une surface d'onde n'est pas discrétisée en un ensemble de points distincts dont le mouvement est décrit par une équation du type $s-s_0=c(t-t_0)$, s_0 et t_0 étant deux constantes caractéristiques de chaque point de l'onde.
- raisonner sur des concepts indifférenciés. Les concepts de surface équiphase et de surface isoamplitude sont confondus, que ce soit dans la situation de propagation d'une onde émise par une source directionnelle que dans celle de la superposition de deux ondes cohérentes.

Si la tendance à raisonner en suivant une forme en mouvement n'est pas spécifique de la propagation des ondes selon plusieurs directions,

elle se traduit ici par une tendance propre à ce type de propagation : se focaliser sur un seul niveau, majoritairement le niveau macroscopique dans les situations de réflexion et de transmission, minoritairement le niveau des ondes élémentaires dans les situations de superposition cohérente des ondes. Il en résulte que le concept d'enveloppe et le principe de Huygens ne sont pas utilisés.

Conclusion

La tendance vers un raisonnement en terme d'objet que l'on suit, tout d'abord mise en évidence pour la propagation unidirectionnelle des signaux, visibles ou non, se rencontre également dans le cas de la propagation selon plusieurs directions d'une onde "invisible". Elle se manifeste non seulement dans des situations géométriques mais aussi dans des situations ondulatoires de diffraction (Maurines, 1997) ou de formation d'image en éclairage cohérent ou non (Maurines, 1999, 2000). Elle semble bien être une des caractéristiques du raisonnement commun car elle se rencontre dans d'autres domaines de la physique (Viennot, 1996). Ce type de raisonnement est difficilement remis en question par l'enseignement actuel (Maurines, 1995, 1998) Quelques propositions pédagogiques peuvent être trouvées dans Maurines (1995, 1998).

REFERENCES

Abboud R. (1989).*Difficultés de l'enseignement dans deux domaines de la physique : le phénomène d'induction électromagnétique et la propagation d'ondes mécaniques.* Thèse, Université paris 7.

Ambrose B.S. & Shaffer P.S. & Steinberg R.N. & Mc Dermott L.C. (1999). An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference. *Am.J. Phys*, vol.67, n°2, pp. 146-155.

Asoko H.M. & Leach J.T. & Scott P.H. (1991). Classroom research as a basis for professional development of teachers : a study of students' understanding of sound. In *Proc. of the Annual Meeting of Association for teacher education in Europe*, Amsterdam.

Colin P. (1999). *Deux modèles dans une situation de physique : le cas de l'optique. Difficultés des étudiants, points de vue des enseignants et*

propositions pour structurer des séquences d'enseignement. Thèse, Université Denis Diderot Paris 7.
Galili I. (1996). Students' conceptual change in geometrical optics. *Int. J. Sc. Educ.*, vol. 18, n° 7, pp 847-868.
Lefevre R. (1988). *Contribution à l'étude des conceptions des étudiants de l'université sur le thème de l'optique.* Thèse, Université Paris 7.
Linder C. & Erickson G. (1989). A study of tertiary physics students'conceptualizations of sound.*Int. J. Sc. Edu.,* vol. 11, special issue, pp. 491-501.
Maurines L. (1986). *Premières notions sur la propagation des signaux mécaniques : analyse des difficultés des étudiants.* Thèse, Université Paris 7.
Maurines L. (1992). Mécanique spontanée du son. In actes du deux. Sém. Nat. de recherche en didactique des sciences physiques, Sète. *Trema* n°3-4, IUFM de Montpellier, pp. 77-91.
Maurines L. (1995). Les étudiants et la phase d'une onde progressive : résultats d'une enquête exploratoire. In *actes du cinquième séminaire national de recherche en didactique des sciences physiques*. Reims, I.U.F.M. de Reims, pp. 107-123.
Maurines L. (1997a). Students and the wave geometrical model of the wave propagation in a three dimensional medium. In *Proc. of the First Int. Conf. of ESERA*. Rome. Kluwer Ed., pp.103-112
Maurines L. (1997b). Raisonnement spontané sur la diffraction. *actes du sixième séminaire national de recherche en didactique de la physique, de la chimie et de la technologie.* Lyon, Gréa (Ed.) Université Lyon 1, pp. 77-95.
Maurines L. (1998). Analyse des difficultés des étudiants à propos des concepts de phase et de surface d'onde, du principe de Huygens (accepté pour publication à *Didaskalia*).
Maurines L. (1999). Spontaneous reasoning on light diffraction and coherent illumination optical imaging. In *synopsis book of the Sec. Int. Conf. of ESERA*. Kiel. IPN-Institute for Science Education/University of Kiel (Ed.), pp.92-94.
Maurines L. (2000). Students and the concept of object in optical imaging. In *Proc. of the GIREP conference.* Barcelone (à paraître).
Viennot L. (1996). *Raisonner en physique*. Paris, De Boeck.

Wittman M. & Steinberg R.N. & Redish E.F. (1999). Making sense of how students make sense of mechanical waves. *The physics teacher*, n°37, pp.-21.

CONCEPTS ELECTROMAGNETIQUES : ABSENCE DE SENS ET MANQUE DE STRUCTURATION CHEZ LES ETUDIANTS

Virginie Albe
Ecole Nationale de Formation Agronomique
virginie.albe@educagri.fr

Patrice Venturini
Laboratoire d'Etude des Méthodes Modernes d'Enseignement

Ecole Nationale de Formation Agronomique
BP 87 31326 Castanet Tolosan
tél :05.61.75.32.24 fax : 05.61.75.03.09

Introduction

Notre recherche concerne le sens physique que les étudiants de licence attribuent aux principaux concepts électromagnétiques (champ magnétique, flux magnétique, induction), aux relations qu'ils établissent entre ces concepts, à la manière dont ils les utilisent dans des situations élémentaires, à la manière dont ils utilisent les outils mathématiques de représentation et de calcul qui y sont associés. Les études déjà menées sur ces thèmes sont rares : conceptions liées aux phénomènes d'aimantation (Maarouf et Benyamna, 1997 ; Lascours, 1993) ; conceptions liées à l'interaction à distance (Bar et al., 1997) ; notion de champ (Galili, 1995 ; Viennot et Rainson, 1992 ; Tornkvist et al. 1993 ; Greca et Moreira, 1997).
Une analyse des résultats, dont nous présentons ici les principaux éléments, montre que les étudiants connaissent généralement les signifiants (formules, lois, modes de représentation) mais ne maîtrisent pas les signifiés correspondants. On peut s'interroger sur cette absence de sens physique relative aux concepts

d'électromagnétisme et l'interpréter de différentes manières complémentaires. Peuvent en effet concourir à l'interprétation de ces résultats, la nature même des savoirs en jeu (carrefour entre électricité et magnétisme, notion de champ, interaction à distance, absence possible de support d'interaction, variations dans le temps et l'espace), la nature des exigences institutionnelles (cadre universitaire, type d'examen…) et la nécessité pour les étudiants de s'y conformer pour réussir (Chevallard 1989, 1992), ou encore la nature des rapports au(x) savoir(s) des étudiants : rapport utilitaire, rapport plaisir, etc., Caillot (2001), Chartrain et Caillot (1999), rapport identitaire, épistémique, social, Charlot (1999, 2000). L'exploration de cette dernière piste est en cours et nous présentons les premiers résultats.

1. Méthodologie

Nous avons conçu un questionnaire portant sur la caractérisation du champ magnétique (définition, origine), sur ses représentations graphiques, sur les interactions et le flux magnétiques. Il est composé d'une part de questions ouvertes, destinées à recueillir l'expression spontanée des étudiants sur les concepts concernés, et d'autre part de questions fermées portant sur des situations particulières mettant en jeu la compréhension de ces concepts. Il a été proposé en 1999 à 64 étudiants de licence de sciences physiques.
Les premiers résultats obtenus (Venturini, Albe, Lascours, 2000) nous ont permis de valider ce questionnaire en confirmant pour la plupart des questions, la pertinence des situations proposées et des formulations choisies, au regard des objectifs visés. Après quelques modifications de détails, l'adjonction d'une situation ouverte portant sur les interactions magnétiques et d'un ensemble de questions portant sur l'induction, nous avons proposé le questionnaire complet à 54 étudiants de licence de physique (Albe, Venturini, Lascours, 2000).
Nous avons enfin proposé cette année ce questionnaire à 39 étudiants de licence de sciences physiques. Les résultats obtenus pour cette population sont conformes aux précédents. Nous avons donc cherché à interpréter cette stabilité des faits observés pour les 157 étudiants à partir de leurs rapports aux savoirs et à l'apprendre. En particulier, nous nous sommes intéressés à leur représentation de la nature de la

physique et aux rapports entretenus avec elle, à leur rapport à l'objet de savoir « électromagnétisme », ainsi qu'à leurs pratiques d'étude.
Pour ce faire, nous avons mené des entretiens individuels avec un nombre réduit d'étudiants. Pour les sélectionner, nous avons établi des classes sur la dernière population des 39 étudiants de sciences physiques, à partir de 2 séries de critères situant :

- leur « maîtrise conceptuelle », notée « MC », établie sur 8 ensembles de questions portant sur la mise en relation de concepts fondamentaux et sur l'utilisation cohérente de savoirs identiques mis en jeu dans des situations différentes[64]. Les étudiants n'ayant aucune réponse exacte sur 8 sont repérés « MC- », ceux qui ont 3 à 5 réponses exactes sont repérés « MC0 » et ceux qui en ont de 6 à 8 sont repérés « MC+ » [65].
- leur positionnement institutionnel, noté « PI », établi à partir de la note obtenue à l'examen d'électromagnétisme et la mention au DEUG. Les étudiants ayant une note < à 8 et une mention passable sont repérés « PI- », ceux ayant une note entre 8 et 12 et une mention ab sont repérés « PI0 », ceux ayant une note > à 12 et une mention bien ou assez bien sont repérés « PI+ »

Nous aboutissons ainsi à partir de notre échantillon à 5 classes ayant les profils suivants : MC0 PI+ (1 étudiant), MC0 PI- (2 étudiants), MC- PI0 (19 étudiants), MC- PI+ (4 étudiants), MC- PI- (13 étudiants). Nous avons choisi 7 étudiants parmi ces 5 classes pour effectuer les entretiens qui ont duré une trentaine de minutes, qui ont été enregistrés puis retranscrits. L'analyse effectuée a porté sur le contenu de leurs déclarations.

---

[64] Pour des exemples de relations et de situations, voir dans la partie 3 « Résultats et interprétation »

[65] L'échantillon sur lequel nous avons travaillé cette année (39 étudiants de la licence de sciences physiques) comporte seulement 3 étudiants repérés MC0, et ne comporte pas, contrairement à l'échantillon de l'année précédente, des étudiants MC+.

2. Résultats et interprétation

2.1 Sens physique donné aux concepts, relations entre eux

Si l'origine du champ magnétique est familière, ce concept est mal formalisé par les étudiants. Le champ n'apparaît jamais comme une grandeur susceptible de traduire une interaction à distance. Il semble plus aisé, pour eux, de citer « l'objet » à l'origine du phénomène que d'expliciter le phénomène lui-même, d'ailleurs perçu de manière incomplète. Ainsi à la question *« Dans une zone existe un champ magnétique. Qu'est-ce que cela veut dire pour vous ? »*, 65 % d'entre eux ne fournissent pas de réponse ou fournissent une réponse erronée. A la question *« Dans une zone existe champ magnétique ; quelle pourrait en être l'origine ?* », 75 % des étudiants citent au moins une origine pertinente, les sources classiques utilisées dans les cours de physique, comme les aimants ou les bobines, étant prioritairement citées. A l'inverse, les phénomènes d'interaction magnétique, qui sous-tendent le concept de champ, sont décrits de manière incomplète, unidirectionnelle : 45 % d'étudiants perçoivent seulement l'action de l'aimant sur un objet ferreux et ignorent l'action inverse.

Seulement 22 % des étudiants établit une relation correcte entre champ et flux. Les autres considèrent que le flux magnétique est *« la quantité de champ magnétique qui passe à travers une surface* » (46 %), « *la quantité de champ magnétique qui passe à travers une surface par unité de temps* » (40 %), ou que le flux magnétique est *« lié au déplacement du champ magnétique à travers la surface* » (22 %). La signification physique du flux magnétique apparaît donc confuse tout comme la perception de la nature même du champ magnétique.

Si le flux est souvent introduit de manière uniquement mathématique, cette grandeur peut trouver sa légitimité physique avec l'étude des phénomènes d'induction. Ces derniers, bien que très courants dans la vie quotidienne, n'ont pas suscité d'écho affirmé dans notre échantillon. A la question *« On peut créer par induction un courant dans un circuit fermé. Donnez tous les éléments que vous connaissez sur ce phénomène »,* 51 % des étudiants ne citent aucun élément pertinent, 22 % décrivent uniquement une expérience d'induction. Rares sont ceux (8 %) qui rappellent spontanément la relation entre variation de flux et induction.

On peut donc déduire des résultats précédents que plus de la moitié des étudiants de notre échantillon ne donne pas de signification physique aux concepts fondamentaux de l'électromagnétisme, établit entre eux des relations erronées ou n'en établit pas. Chaque concept correspond donc en quelque sorte à un « îlot » aux caractéristiques mal définies, ce qui témoigne du manque de structuration du domaine.

2.2 Utilisation des concepts dans des situations élémentaires

Un grand nombre d'étudiants interrogés possède des connaissances qui sont liées à un contexte particulier. Placés à plusieurs reprises dans trois situations différentes mais voisines, mettant en jeu les mêmes éléments de savoir, leurs réponses ne satisfont que très rarement à l'ensemble des trois questions posées. Par exemple :

- En situation d'exprimer l'existence d'une interaction entre aimants droits, 62 % des étudiants ont fourni une réponse correcte, bien que 94 % des étudiants affirment qu'un aimant droit crée un champ magnétique et que 78 % affirment qu'un aimant droit est sensible à un champ magnétique. Seulement 45 % fournissent une réponse correcte aux 3 questions. Or, un aimant droit crée un champ ; un aimant étant sensible à un champ magnétique, quand on place deux aimants au voisinage l'un de l'autre, il y a interaction.
- 48 % des étudiants déterminent correctement, en définissant l'orientation et le sens, la position de l'aiguille de la boussole dans un champ magnétique, ce qui sous-entend qu'ils considèrent la boussole comme un aimant. Or, 79 % des étudiants déclarent que la boussole ne crée pas de champ magnétique. Si on la perçoit uniquement comme un indicateur de champ dépourvu de propriétés magnétiques (pour 99 %, elle est sensible à un champ), pourquoi alors privilégier un sens particulier lorsqu'on la place dans un champ magnétique ?
- La majorité des étudiants (95 %) donne la formule permettant le calcul du flux à travers une surface. Cette formule ($\Phi = \circ \vec{B}.\vec{n}\,ds$) ne comporte pas le facteur « temps ». Par contre, 40 % d'entre eux font intervenir le temps lorsqu'ils ont à définir la notion de flux (*quantité de champ magnétique qui passe à travers une surface par unité de temps*).

Les éléments de savoir mis en jeu dans les exemples précédents sont connus et souvent bien « utilisés » sur une situation particulière ; ils ne sont cependant pas mobilisés sur des situations voisines, ce qui témoigne du fait que les concepts correspondants ne sont pas opérationnalisés par ces étudiants.

2.3 Utilisation des outils mathématiques

Le sens physique porté par les représentations graphiques ou les formules est peu connu. En effet, par exemple :

- A la question « *on représente souvent le champ magnétique par un vecteur. Pourquoi ?* », aucun étudiant ne donne de justification physique à ce choix ; ils citent directement, et généralement de manière incomplète, les caractéristiques des vecteurs (à la fois intensité, direction et sens pour 32 % uniquement). Seulement 3 étudiants énoncent l'ensemble des caractéristiques des lignes de champ en relation avec les propriétés du champ.
- A la question « *donnez la formule permettant de calculer la force électromotrice induite dans un phénomène d'induction. Précisez la signification physique de chacun de ces éléments.* », seulement 18 % des étudiants citent la formule $e = -d\varphi/dt$, aucun n'interprétant la signification physique du signe « - ».

Les outils mathématiques sont peu opérants dans des cas simples :

- seulement 4 % des étudiants représentent le champ créé par un aimant droit en divers points en faisant intervenir direction, sens et intensité.
- La formule relative au calcul du flux est bien connue (96 % des étudiants). Cependant, son application directe dans des cas simples[66] met en évidence une maîtrise relative quant à l'interprétation physique de la notion de produit scalaire. En effet, seulement 63 % d'entre eux prennent bien en compte l'augmentation du flux avec l'augmentation de la surface, 62 % prennent en compte l'augmentation du flux avec l'augmentation

[66] On considère une spire et un aimant droit orienté selon la normale à la spire. Le flux du champ magnétique à travers la surface de la spire augmente-t-il, diminue-t-il ou reste-t-il constant quant on approche l'aimant de la spire, quand on augmente la surface de la spire, quand on incline la spire ?

du champ. Ce pourcentage diminue à 45 % pour ce qui concerne la liaison entre la variation de flux et l'inclinaison des spires.

L'utilisation des outils mathématiques semble relever plus de procédures conduites de manière automatique et incomplète que de procédures raisonnées en fonction de considérations liées aux lois de la physique.

2.4 Rapports aux savoirs et à l'apprendre

Les résultats portent sur la représentation qu'ont les étudiants de la nature de la physique, sur les rapports qu'ils entretiennent avec elle, sur leurs rapports à l'électromagnétisme, ainsi que sur leurs pratiques d'étude.

- On constate sur notre échantillon une perception « graduée » de la nature de la physique : elle est susceptible simplement de « *décrire des faits* » pour les uns, « *d'expliquer des phénomènes »* pour d'autres, ou de concourir à « *une recherche de savoir »* dans laquelle la dualité expérience-théorie et l'idée de construction collective sont présentes pour les étudiants MC0, même si la compréhension des liens entre ces éléments n'est pas totalement achevée. Les mathématiques, citées comme outil par tous les étudiants, en constituent un élément essentiel. Elles servent pour les uns uniquement « *à calculer* », pour les autres « *à décrire des phénomènes* ». Enfin, les étudiants de profil MC0 les considèrent comme intégrées aux théories et leur attribuent en plus un rôle prédictif.
- En ce qui concerne l'intérêt pour la physique, on note que les étudiants sont incapables d'expliquer des phénomènes courants (production d'électricité, fonctionnement de la radio, d'un moteur, d'un transformateur…) et qu'ils déclarent ne pas s'être posé la question. Ils ne lisent pas de revues ou d'ouvrages scientifiques ; ils connaissent peu de scientifiques (les rares cités étant les « Nobel » français médiatisés, ou ceux relatifs « *aux théorèmes du cours* »). L'histoire des sciences leur est totalement étrangère, et ils ne prennent pas l'initiative de visiter des musées scientifiques. Néanmoins, les étudiants ayant le profil MC0 témoignent d'une curiosité et d'un intérêt à peine plus affirmés (visite de musée, exemples pour appuyer les propos, interrogations….). Enfin, 3

d'entre eux ne souhaitent pas enseigner la physique, l'un d'entre eux suivant la licence de sciences physiques sans objectif précis.

- Pour tous les étudiants sans exception, l'électromagnétisme est « *abstrait* » et « *difficile* ». Une étudiante PI+ (et MC-) déclare par exemple « *ne pas mettre de sens physique dans les cours, ne pas comprendre mais apprendre des formules* ». Les étudiants ont conscience de leur difficulté, voire de leur impossibilité, à « *établir des liens entre les notions* » ; ils affirment « *ne pas avoir de vision globale* » du domaine, et disent avoir beaucoup de mal à déterminer la formule pertinente à utiliser pour résoudre un exercice. Ils ne voient pas l'utilité du domaine et ne trouvent pas d'intérêt à l'étudier, sauf pour deux d'entre eux, dans une perspective utilitaire afin d'obtenir un diplôme, afin d'enseigner l'électromagnétisme plus tard, ou encore afin de pouvoir comprendre les modules suivants.
- Pour réussir, selon tous les étudiants interrogés, il faut savoir refaire les exercices vus en TD, ce qui implique de « *connaître les formules et les méthodes de résolution* ». Pour y arriver, les pratiques d'étude sont diverses :
  - Le « travail a minima » : les étudiants MC- PI- travaillent seuls, juste avant l'examen, et apprennent beaucoup par cœur.
  - Le « travail habituel » de l'étudiant qui fait son « *métier d'élève* » (Perrenoud 1995) sérieusement : les étudiants MC- PI0 et MC- PI+ travaillent régulièrement en relisant ou/et en recopiant sélectivement cours et TD, préparent, pour certains, les TD, et apprennent par cœur les choses qu'ils ne comprennent pas.
  - Le « travail conduisant à l'optimisation du rapport temps/résultat » : cet étudiant MC0 PI- travaille en groupe, juste avant l'examen, réalise des fiches de synthèse et dégage des TD les éléments importants.
  - Le « travail optimal » : cette étudiante MC0 PI+ travaille en groupe, régulièrement, réalise des fiches de synthèse à partir de plusieurs sources puis les valide en refaisant les TD.
- On constate que tous les étudiants travaillent d'abord, non pour comprendre le monde mais pour réussir à l'examen, développant par là un rapport au savoir de type « utilitaire ». Toutefois, on peut pointer deux nuances : une composante « plaisir » apparaît pour les deux étudiants repérés MC0, un peu plus curieux de leur

discipline et de ses applications, qui en ont une meilleure représentation et qui se donnent les moyens à travers leurs pratiques d'étude de satisfaire le souci de compréhension dont ils font état pour les activités scolaires ; une composante « tourisme » pour un étudiant, qui, s'il cherche lui aussi à réussir, n'arrive pas à expliquer réellement pourquoi il suit cette formation.

La majorité des étudiants a une vision de la physique réduite à certaines de ses pratiques scolaires (on observe, on calcule et on explique). Seuls les étudiants repérés MC0 ont une vision un peu plus aboutie. L'intérêt unanimement annoncé pour la physique nous paraît généralement limité et très formel. Les étudiants sont aussi unanimes à faire état de leurs difficultés, voire de leur impuissance, à appréhender l'électromagnétisme. Certains étudiants visent la compréhension de leur sujet d'étude et ont des pratiques de reformulation (liées à une réalisation de fiches de synthèse et à un travail de groupe). Ils ont la maîtrise conceptuelle la plus élevée. Certains étudiants fournissent un travail régulier tout au long de l'année. Ce sont ceux qui réussissent du point de vue de l'institution. Enfin, on peut définir dans notre échantillon 3 types de rapport au savoir : rapport « utilitaire-touristique », rapport « utilitaire strict» et rapport « utilitaire-plaisir ».

2.5 Interprétation

Les résultats des questionnaires montrent que les étudiants ont très majoritairement des difficultés à donner un sens physique aux concepts utilisés en électromagnétisme et aux outils mathématiques associés.

Ces résultats sont cohérents avec les propos des 7 étudiants sélectionnés, qui font explicitement et unanimement état de leurs difficultés dans ce domaine « *abstrait* » à « *établir des relations entre notions* », à « *en avoir une vision globale* » ou encore à « *mettre du sens physique dans les cours* ». Par ailleurs, leur intérêt pour la physique, généralement limité et conventionnel, ne constitue pas un levier pour s'attaquer à ces difficultés. Leur rapport à l'objet de savoir « électromagnétisme » et leur intérêt pour la physique, s'ils éclairent les résultats obtenus aux questionnaires, ne constituent pas des éléments discriminants pour expliquer les différences constatées dans la maîtrise conceptuelle des étudiants.

Toutefois, cette interprétation, comme celles qui suivent, ont été établies sur un échantillon réduit (bien que construit à partir de différents critères) et ne pourront donc être généralisées en l'état.
Par ailleurs, et dans cet esprit, on peut établir des relations entre la maîtrise conceptuelle des étudiants et, d'une part, leur perception de la nature de la physique, et d'autre part leurs pratiques d'études. On a en effet remarqué que les étudiants repérés MC0 (qui ont la maîtrise conceptuelle la plus importante de notre échantillon) ont la perception la plus aboutie de la nature de la physique, et des pratiques d'études faisant intervenir reformulation et désir de compréhension.
On peut supposer que les stratégies d'apprentissage par cœur des étudiants, que l'on retrouve à des degrés divers, des positionnements MC- PI- à MC- PI+, trouvent leur origine dans le rapport essentiellement utilitaire qu'ils entretiennent avec « le savoir à savoir » concerné. Il s'agit pour eux de contourner à moindre frais leur difficulté de compréhension pour réussir malgré tout à satisfaire les attendus institutionnels, les étudiants ayant un rapport de type « utilitaire-plaisir »,repérés MC0, n'ayant pas recours à cette stratégie.

3. Conclusion

En interrogeant les étudiants de licence de physique et de sciences physiques sur leur connaissance des phénomènes électromagnétiques, nous avons constaté que les expériences traditionnelles faites plusieurs fois au cours de la scolarité sont connues. Les étudiants savent par exemple que l'on crée un champ magnétique avec un aimant droit ou avec une bobine parcourue par un courant ; certains savent aussi que l'on crée un courant induit dans une bobine par variation du champ magnétique. Ils restituent aussi formule ou représentation utilisées classiquement dans le cours ou les travaux dirigés.
En revanche, nous avons constaté que les étudiants ont majoritairement des difficultés à donner un sens physique aux concepts fondamentaux de l'électromagnétisme et à établir des liens entre eux. Ces concepts aux caractéristiques mal définies, utilisés correctement dans une situation particulière ne sont plus mobilisés dans une situation voisine, même simple ou concrète. Leurs connaissances sont parcellaires, liées à une situation particulière, mal structurées et peu opérationnelles. Ils utilisent les outils

mathématiques selon des démarches procédurales desquelles le sens physique est absent.
Des entretiens avec des étudiants représentatifs ont révélé un rapport au savoir majoritairement de type « utilitaire », une relation difficile à l'électromagnétisme, un intérêt superficiel pour la physique, qui expliquent pour partie les résultats précédents. Les différences constatées entre certains étudiants quand à leur maîtrise conceptuelle peuvent être reliées à leur perception de la nature de la physique, à leurs pratiques d'étude, ou encore à un rapport au savoir certes utilitaire mais intégrant de plus une composante « désir-plaisir de comprendre » l'objet de leur étude.
Au-delà du test sur un autre échantillon des interprétations liées aux rapports aux savoirs et à l'apprendre, il convient maintenant de se tourner vers l'institution pour analyser la nature de sa demande effective à l'égard des étudiants.

REFERENCES

ALBE, V., VENTURINI, P. et LASCOURS, J. (2000). Principaux concepts de l'électromagnétisme dans l'enseignement supérieur : un ensemble mal maîtrisé in *Actes du colloque international des sciences de l'éducation « les pratiques dans l'enseignement supérieur »*, Toulouse, 2-4 octobre. A paraître.
BAR, V., ZINN, B. & RUBIN, E. (1997). Children's ideas about action at distance. *International Journal of science Education*, vol 19, n° 10, pp. 1137-1157.
CAILLOT, M. (2001). Y a-t-il des élèves en didactique des sciences ? Ou quelles références pour l'élève in Terrisse, A (Ed.) *Didactique des disciplines, les références au savoir*. Bruxelles : De Boeck.
CHARLOT, B. (1999). *Rapport au savoir : Eléments pour une théorie*. Anthropos : Paris
CHARLOT, B. (2000). La problématique du rapport au savoir in *Actes du 5ième colloque international de didactique et d'épistémologie des sciences « Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences et des techniques »* Sfax, 7-9 avril, pp. 13-23. Tunis : ATRD
CHARTRAIN et CAILLOT, (1999). Apprentissages scientifiques et rapport au savoir : le cas du volcanisme au CM2 in *Actes des 1ères*

rencontres scientifiques de l'ARDIST, Cachan, 26-28 octobre, pp. 131-136. Paris : ARDIST.
CHEVALLARD, Y. (1989). Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel. Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, 26 juin, Document interne n° 108.
CHEVALLARD, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, Vol 12, n° 73-112.
GALILI, I. (1995). Mechanics background influences students conceptions in electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 17 (3), pp. 371-387.
GRECA, I. & MOREIRA, M.A. (1997). The kind of mental representation –models, propositions and images- used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education,* 19 (6), pp. 711-724.
LASCOURS, J. (1993). *Les aimants et le magnétisme : faire émerger les conceptions des apprenants*. Mémoire de DEA, LEMME, université P. Sabatier Toulouse.
MAAROUF, A. & BENYAMNA, S. (1997). La construction des sciences physiques par les représentations et les erreurs : cas des phénomènes magnétiques. *Didaskalia* n°11, pp. 101-118.
PERRENOUD, P. (1995). *Métier d'élève et sens du travail scolaire*. ESF : Paris.
TÖRNKVIST, S., PETTERSSON, K.-A., TRANSTRÖMER, G. (1993). Confusion by representation : on student's comprehension of electric field concept. *American Journal of physics,* vol 61, n°4, p.335-338.
VENTURINI, P., ALBE, V. & LASCOURS, J. (2000). Rapport des étudiants aux champ et au flux magnétique, in Actes du 5ème *colloque international de didactique et d'épistémologie des sciences et des techniques « Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences »*, Sfax, 7-9 Avril, pp.175-186. Tunis : ATRD.
VIENNOT, L. & RAINSON, S. (1992). Students' reasonning about the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education,* 14 (4), pp. 475-487.

COMPREHENSION DU CONCEPT D'INTERACTION DANS LE CADRE D'UN ENSEIGNEMENT DE MECANIQUE

Asuman Küçüközer

UMR GRIC, équipe COAST
Université Lyon 2
5 Avenue Pierre Mendes France, CP 11
69676 BRON Cedex

Introduction

Ce travail de recherche est associé à un projet de recherche développement qui vise à fournir aux enseignants de collège et de lycée des outils pour les aider à concevoir et à analyser leur enseignement; c'est ainsi qu'une séquence d'enseignement en mécanique a été conçue dans le cadre des nouveaux programmes et expérimentée. Cette étude repose sur l'observation et l'analyse de l'enseignement de cette séquence dans une classe de seconde au cours de l'année scolaire 1999-2000.

1. Cadre théorique et problématique

Cette recherche se situe dans une approche constructiviste de l'apprentissage des sciences physiques. Or les nombreux travaux sur les conceptions des élèves (Mc Dermott, 1984 ; Viennot 1996.) montrent qu'il y a souvent peu de changements dans la compréhension conceptuelle en mécanique avant et après enseignement même au niveau universitaire. Par exemple, la force reste souvent une caractéristique des objets et non une grandeur d'interaction, ce qui est renforcé par le langage courant.
Pour étudier l'évolution de la " compréhension " conceptuelle, nous avons repris l'approche de A. Tiberghien et M. Baker (1999). Ces auteurs appellent "*notions fondatrices*", des notions d'ordre théorique

sous-jacentes à la cohérence de l'apprenant. Elles constituent les éléments de base à partir desquels les apprenants construisent les explications des phénomènes ou les procédures de résolution de problèmes. Pour ces auteurs, ces notions correspondent à des ensembles structurés de connaissances. Une notion fondatrice renvoie à la fois aux connaissances des apprenants et au savoir à enseigner d'une discipline. Une analyse du savoir à enseigner conduit à considérer que certains aspects de ce savoir constituent des "*notions fondamentales* " pour la compréhension de la discipline par l'apprenant. Pour que l'apprenant construise une compréhension d'une notion fondamentale, il faut qu'il s'appuie sur des connaissances qu'il a déjà, ce sont les notions fondatrices.

Ce choix nécessite une analyse épistémologique du savoir à enseigner en mécanique. Nous considérons que pour construire une compréhension des lois de la mécanique, le concept d'interaction est une notion fondamentale. Il est alors nécessaire de considérer quelles sont les notions fondatrices qui vont permettre à l'apprenant d'acquérir un sens suffisant de l'interaction pour que celle-ci puisse à son tour être une notion fondatrice pour l'acquisition des lois de la mécanique.

Acquérir une compréhension nécessite de construire des interprétations. Pendant la construction de ces interprétations, les structures de connaissance existant en mémoire servent de cadre interprétatif, l'élève raisonne pour produire de nouvelles connaissances à partir des celles existant en mémoire, des informations issues de la situation, et de celles en jeu dans l'interaction sociale quand l'élève travaille en groupe (J.F. Richard, 1998). Ce positionnement théorique, nous conduit à catégoriser les connaissances en : connaissances quotidiennes, connaissances scolaires, connaissances langagières. De plus les recherches sur la didactique de la physique nous permettent de parler d'une quatrième catégorie de l'ordre de la métaconnaissance, nous l'appelons : "connaissances sur la façon d'interpréter des situations".

Afin de favoriser l'apprentissage du concept d'interaction, les situations d'enseignement demandent aux élèves une démarche de modélisation (Tiberghien, 1994). Deux catégories principales sont

proposées « Monde théorie/modèle » et « Monde objets/événements » en estimant que l'articulation entre les deux mondes favorise l'apprentissage. Pour cela, les deux mondes doivent être distingués pendant l'enseignement ; le savoir de la théorie/modèle doit être explicitement présenté à l'élève pour que celui-ci puisse construire un sens à ce savoir « déjà-là » et l'apprendre ; les situations d'enseignement doivent aider les élèves à construire de telle relations et ainsi donner du sens aux concepts enseignés.

2. Présentation des séquences d'enseignements

Le contenu de ces séquences d'enseignement a été élaboré à partir des travaux de J. C. Guillaud (1998). Le travail présenté ici porte sur quatre séances d'une durée totale de 5h 30 introduisant aux concepts d'interaction et de force (partie Interaction et force). Cet enseignement introduit successivement les modèles dit des "interactions" et des "lois de la mécanique" dans le cadre d'activités mettant en jeu des situations matérielles diverses, sauf pour la première activité qui n'introduit aucune connaissance théorique, elle donne l'occasion aux élèves de prendre conscience et d'expliciter leurs idées.
Dans le texte du modèle, le concept d'interaction est défini ainsi : « Dans une interaction, quand un système A agit sur le système B, simultanément B agit sur A en sens opposé ; on dit que l'action de A sur B (notée A/B) est en sens opposé à l'action de B sur A (notée B/A) ». Ces modèles mettent en œuvre des représentations symboliques : (1) diagrammes système -interactions avec une "patate" représentant un système et des flèches représentant les interactions en distinguant celles de contact (double flèche en traits pleins) et celles à distance (double flèche en pointillés), (2) des vecteurs représentant les forces. Ce texte introduit le verbe agir, les noms d'action et d'interaction. D'après le travail de J. C. Guillaud (1998), pour une très large majorité d'élèves le mot "interaction" est inconnu, vide de sens. En revanche, "agir" et "action" sont connus avec le sens quotidien où l'agent qui agit doit être vivant ou un objet en mouvement. Ce sens est plus restreint que celui donné en physique où par exemple un crayon peut agir sur une table.

3. Questions de recherche

Dans le cadre de cet enseignement, nous faisons l'hypothèse que le verbe "agir" est une notion fondatrice, au sens où les connaissances initiales des élèves vont leur permettre de construire le concept d'interaction.
De ce fait nous nous posons la question de l'évolution du sens du verbe agir. Nous nous demandons aussi quelles sont les autres notions intervenant dans l'ensemble structuré de connaissances que les élèves vont mettre en œuvre dans cet enseignement pour construire le concept d'interaction.

4. Méthodologie

L'expérimentation s'est déroulée dans une classe de seconde. Tous les élèves de cette classe, travaillent par groupe de deux, sur les mêmes activités ou pendant la correction ils travaillent dans le groupe classe. Le déroulement des séances se fait sous le contrôle du professeur, le chercheur restant un observateur passif. Le professeur distribue les textes des activités ou du modèle, les élèves font les activités, en discutant, en dyades et puis le professeur corrige les activités, elle donne également des activités à faire à la maison.
Nous avons fait des enregistrements audio et vidéo d'une même dyade (F et L) pendant quatre séances (3x1h30, 1h) et du groupe classe pendant la correction des activités afin d'avoir le maximum de données. La dyade enregistrée a été choisie par le professeur comme des élèves ayant l'habitude de travailler ensemble et volontaires pour être enregistrés. Les dialogues de la dyade ont été intégralement transcrits (Küçüközer, 2000). Nous avons également recueilli les productions écrites de l'ensemble de la classe.

5. Résultats

L'analyse a porté essentiellement sur les productions langagières de la dyade observée (dialogue et écrits). Nous avons visé à reconstruire l'évolution du sens du verbe agir utilisé tout au long de l'enseignement en relation avec les autres notions introduites. Globalement il apparaît

que les deux élèves F et L de la dyade suivent les démarches très différentes pendant les activités.

Pour la première activité qui n'introduit pas de connaissances théoriques les élèves mobilisent leurs connaissances déjà acquises. L part de ses connaissances langagières, pour lui, le sens du verbe agir est faire quelque chose. Quant à F il part de ce qu'il voit, pour lui, le sens du verbe "agir" est tenir.
Pendant les activités suivantes, le sens du verbe agir se développe; pour L il est associé à "empêcher de tomber, empêcher de voler, tendre, attirer, pousser, faire quelque chose, porter, faire monter, garder" et pour F à "maintenir, empêcher de tomber, tenir, tendre, ralentir".
De plus, pour comprendre les événements et répondre aux questions, les élèves utilisent souvent leurs connaissances quotidiennes par exemple le vent agit sur le cerf-volant, l'air agit sur la balle puisqu'il la ralentit, etc.

Les connaissances scolaires préalables sont relatives au concept d'attraction terrestre. Pour L, le concept de l'attraction terrestre est clair ; la Terre agit sur l'objet parce qu'elle l'attire. Mais pour F, le poids est une propriété intrinsèque d'objet parce qu'elle est lourde d'origine.
Quant à l'utilisation des éléments relatifs au modèle, il apparaît que F et L utilisent les représentations symboliques introduites dans le modèle mais pas le texte. Pour L, la détermination du système choisi ainsi que l'utilisation des représentations symboliques sont de plus en plus efficaces. L utilise correctement les doubles flèches pour représenter les interactions de contact et à distance. Cependant, on ne sait pas exactement quel sens donne L au concept de système. Pour F, la détermination du système choisi n'est pas facile et il s'intéresse généralement aux propriétés internes du système. Il semble qu'il dessine les doubles flèches d'après le contrat didactique. Notons que le sens initial d'objet est insuffisant, pour eux, par exemple l'élastique ou une pierre sont des objets mais pas la Terre. Pour eux, il semble qu'un objet a des dimensions raisonnables de manière à pouvoir être manipulé.

En ce qui concerne la façon d'interpréter les situations, F et L suivent des démarches différentes dans l'interprétation des situations.
L utilise un raisonnement causal linéaire avec quand cela est utile une démarche hypothétique : il suppose qu'on enlève l'agent causal et se demande quel sera l'effet c'est-à-dire le changement d'état du patient. Par exemple ;

Situation	Agent causal	Effet
L'élastique agit sur la pierre	élastique	empêche de tomber
La pierre agit sur l'élastique	pierre	tend l'élastique
L'objet agit sur la table	objet	Terre attire l'objet (empêche de tomber = attiré par la terre)
Le vent agit sur le cerf-volant	vent	porte le cerf-volant

Mais si l'agent ne réalise pas sa fonction alors il n'y a pas d'action, par exemple pour L la pierre n'agit pas sur la Terre, car quand on enlève la pierre rien ne change, la pierre n'est pas capable d'attirer la Terre.
F ne semble pas mettre pas en jeu une causalité linéaire. Il commente les informations prises de la situation à la voie de la vision en faisant appel aux rôles des objets ou à la voie du toucher, par exemple pour lui, la table agit sur l'objet parce qu'elle empêche de tomber, l'air agit sur la main (il est en train d'agiter son bras).

Conclusion

Nous avons supposé que le verbe agir au sens quotidien était une notion fondatrice pour construire une compréhension physique à la notion d'interaction. Notre analyse montre que ce verbe n'est pas seule notion fondatrice, la notion d'objet, les concepts d'attraction terrestre, de système ainsi que les représentations symboliques sont simultanément fondateurs.

- Le verbe « agir » aide à la construction de la notion d'interaction seulement partiellement .
- Le concept d'attraction terrestre ; quand l'élève (ici F) n'a pas maîtrisé ce concept, il a tendance à se focaliser sur les propriétés des objets et à attribuer la force à l'objet.
- Le concept de système et la notion d'objet ; parce que la notion d'interaction décrit les relations réciproques entre systèmes à

l'exclusion des systèmes. Dans le cas de F, l'importance des propriétés des systèmes l'empêche de construire un sens pertinent de la notion de système au sens où il ne décrit pas les relations réciproques entre systèmes à l'exclusion des systèmes. Dans le modèle, la définition du modèle a été faite à partir de la notion d'objet.

- Les représentations symboliques jouent aussi le rôle de notions fondatrices. Les flèches doubles chaque fois rappellent l'interaction entre systèmes et les poussent à tenter de comprendre les interactions et à distinguer l'interaction contact et l'interaction à distance.

Les élèves utilisent les représentations symboliques du modèle plus en plus efficacement mais non l'ensemble du modèle pour interpréter ou prédire les événements au contraire des physiciens.

Notre analyse montre que les "connaissances sur la façon d'interpréter les situations" n'ont pas évolué, même si les élèves ont acquis d'autres connaissances. Elles l'emportent sur les connaissances acquises au sens qu'elles sont la base de la construction du sens, elles empêchent de construire un sens pertinent au concept de l'interaction.

REFERENCES

Guillaud J.C. (1998) *Enseignement et apprentissage du concept de force en classe de troisième*. Thèse, Université Joseph Fourier – Grenoble I.

Küçüközer, A. (2000) *Une compréhension de la notion d'interaction dans le cadre d'un enseignement de mécanique*. Mémoire, Université Lumière - Lyon II.

McDermott, L.C. (1984) Revue critique de la recherche dans le domaine de la mécanique. *Recherche en didactique de la physique :actes du premier atelier international.* La Londe les Maures, Paris.

Richard, JF. (1998) *Les activités mentales*. Armand Colin, Paris.

Tiberghien, A. et Baker, M. (1999) *Etude de la mise en œuvre et de l'élaboration des notions fondatrices dans les situations d'enseignement : le cas de l'enseignement des sciences et des mathématiques.* Rapport Final, Equipe GRIC-COAST.

Tiberghien, A. (1994) Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations, in *Learning and Instructions*, Vol.4, pp.71-87.
Viennot, L. (1996) *Raisonner en physique*. De Boeck & Larcier, Paris.

L'HISTOIRE DES OPHIOLITES SELON LES GEOLOGUES ET LES LYCEENS : COMPARAISON ET CONSEQUENCES DIDACTIQUES

Denise Orange

IUFM des Pays de la Loire et CREN
Université de Nantes
denise.orange@paysdelaloire.iufm.fr

Introduction

La recherche didactique que nous présentons se rapporte à un problème des sciences de la Terre: **le problème de l'origine des ophiolites**. Elle s'inscrit dans un travail de thèse qui tente de comprendre les difficultés des élèves à utiliser le temps en géologie. Dans le cadre épistémologique bachelardien qui est le nôtre, leur utilisation spontanée du temps pour la construction et la résolution de problèmes géologiques peut faire obstacle à leurs apprentissages.

Les géologues ont maintenant bien décrit une centaine de massifs ophiolitiques à la surface du globe (A.Nicolas, 1990). Ces massifs sont répartis dans presque toutes les chaînes de montagnes, qu'elles soient anciennes ou récentes. Depuis une réunion spéciale de la Penrose Conference en 1972 (Anonyme, 1972), les géologues s'accordent pour appeler "ophiolite" un assemblage de roches bien précises: il s'agit, dans un ensemble ophiolitique complet, de péridotites, de gabbros, de diabases en filons et enfin de basaltes en coussins. Actuellement, dans le paradigme de la tectonique des plaques, les ophiolites sont comprises comme étant des lambeaux de fond océanique charriés sur de la lithosphère continentale. Mais leur origine a longtemps été l'objet de controverses et elle a suscité des modèles variés (H.Whitechurch, M.Ernwein, 1999). C'est ainsi qu'il y a à peine 50 ans, un des modèles retenus expliquait leur formation par

la mise en place d'une grande masse magmatique en bordure de bassins appelés géosynclinaux.

Nous nous proposons d'étudier, dans cette contribution, la prise en charge du problème des ophiolites par des élèves de lycée et de la comparer à celle des chercheurs. A quels modèles explicatifs et à quelles histoires recourent-ils spontanément? Quels décalages existe-t-il avec les scientifiques? Quelles difficultés d'apprentissage cela pose-t-il?

1. Notre cadre théorique

Le regard que nous portons sur les modèles explicatifs construits par les chercheurs ou les élèves s'appuient sur deux types de travaux:

- Des travaux de didactique des sciences portant sur la modélisation (J. L. Martinand, 1992) et la construction de problèmes (C. Orange & al, 1999). Nous reprenons l'idée que les problèmes ne sont pas donnés mais qu'ils sont construits dans une interaction entre un registre empirique et un registre des modèles. Ainsi, dans une explication, les contraintes empiriques et les modèles n'existent qu'en tension les uns avec les autres: les contraintes empiriques doivent être prises en compte par le modèle; le modèle répond à des nécessités tenues pour incontournables. Notre travail d'analyse a posteriori du (des) modèle(s) explicatif(s) des experts et de celui (ceux) des élèves s'attache à retrouver les contraintes empiriques (les faits signifiants dont on doit rendre compte) et les contraintes théoriques (les types d'explications envisageables, les règles que l'on se donne) qui ont servi à leur construction. Nous nous interrogeons en quelque sorte sur ce qui a servi aux chercheurs et aux élèves pour construire leurs explications.

- Des réflexions plus générales sur l'explication en sciences (S.Toulmin, 1973; J. Piaget, 1973; F.Halbwachs, 1973). Nous retenons que l'explication est au cœur de l'activité scientifique mais qu'il n'est pas aisé d'en cerner toutes les caractéristiques. D'après Piaget, *"expliquer c'est répondre à la question du "pourquoi", c'est comprendre et non pas seulement constater,*

autrement dit dégager la "raison" sur le terrain des sciences déductives et la "causalité", bien que le mot soit dangereux, dans le domaine des sciences physiques" (J. Piaget, 1973, p.7*);* plus loin, il écrit qu'on reconnaît, dans toute explication causale, *"une transformation d'une part et une conservation d'autre part"* (Ibid., p. 13). Cela nous donne une façon de lire les explications des spécialistes (chercheurs, enseignants) et celles des élèves dans le domaine des sciences de la Terre: mettre à jour ce qui relève de la conservation (les invariants) et ce qui relève de la transformation (les variants). Du repérage des invariants et des variants, nous pensons dégager les grands évènements signifiants et préciser les histoires ainsi construites.

2. La compréhension des ophiolites par les scientifiques actuels

L'explication des ophiolites par les scientifiques se ramène à une histoire en 2 actes: la formation des roches qui relève du magmatisme d'une dorsale océanique, leur charriage sur une marge continentale (ce que l'on appelle encore obduction) qui relève de la tectonique. Quels registres empirique et théorique participent à la construction d'un tel modèle explicatif?

2.1 De la nature des ophiolites à leur genèse

Les ophiolites sont **une association de roches typiques** constituée, de bas en haut, par des péridotites plus ou moins serpentinisées, des gabbros, et des basaltes en pillow-lavas. Cette composition rappelle celle de la lithosphère océanique, maintenant bien connue grâce aux études sismiques et aux explorations sous-marines. Dans le paradigme de la tectonique des plaques, la formation des roches des fonds océaniques se comprend par le modèle de fonctionnement d'une dorsale océanique (modèle de l'accrétion): là, du magma formé un peu plus bas remonte et se solidifie plus ou moins rapidement selon qu'il parvient ou s'arrête à proximité de la surface; ainsi, se mettent en place de nouveaux pans de lithosphère océanique. La mise en tension de contraintes empiriques (roches des ophiolites tenues pour homologues des roches des fonds océaniques) et du modèle de l'accrétion impose

une première nécessité au modèle de la formation des ophiolites: une genèse de leurs roches comparable à celle de la lithosphère océanique. Nous remarquons que les contraintes empiriques pour la question de la genèse, à savoir les caractéristiques des roches (nature et aspect des roches, propriétés physiques, épaisseur), sont des invariants dans le temps.

2.2 De la situation des ophiolites à leur origine spatiale

Une autre caractéristique des ophiolites tient à **leur localisation et à la disposition de leurs éléments:** ce sont d'imposantes nappes, à l'air libre et parfois déformées, en position atypique sur ou au sein de lithosphère continentale[67]. Si l'on reconnaît dans l'ophiolite un morceau de lithosphère océanique, il n'est pas aisé d'expliquer cette position. En effet, dans le cadre théorique de la tectonique des plaques, le devenir "classique" de la lithosphère océanique, de part sa densité, est un enfoncement au niveau des zones de subduction. Comment expliquer, sans contredire la règle, une telle "erreur de la nature"? (A. Michard, 1987) Cela suppose de prendre en compte un certain nombre de données empiriques jugées pertinentes et de construire un modèle qui rende possible une extraction, un déplacement et un charriage des fonds océaniques dans le cadre théorique accepté. Les faits signifiants retenus forment un ensemble étoffé mobilisant toutes les échelles : position émergée, contacts anormaux, inclinaison des formations rocheuses, position relative des différentes unités ophiolitiques, identification d'une semelle métamorphique, déformations de roches et de minéraux ... Par comparaison avec de la lithosphère océanique actuelle, ce sont autant de données qui traduisent une modification par rapport à la situation initiale. Ces variants imposent au modèle deux nécessités: sans préjuger de leur chronologie, celle d'une émersion et celle de phénomènes tectoniques. Le modèle explicatif actuel y répond en mettant en jeu des phénomènes de compression occasionnant une

[67] L'ophiolite d'Oman a 500 km de long, 80 à 100 km de large, 10 à 15 km d'épaisseur. Elle est très accessible à l'observation car en région désertique et pas encore prise dans l'étau d'une collision continentale. (A. Michard, 1987).

rupture au sein d'une lithosphère, puis l'extraction et le charriage d'une nappe ophiolitique.

2.3 Conclusion

Si nous nous intéressons aux contraintes empiriques pertinentes pour les chercheurs, nous remarquons que celles (composition pétrologique) servant la genèse des ophiolites ont un statut d'invariants, et celles (disposition spatiale) servant le charriage ont un statut de variants. Sur la base de cette clarification, nous pouvons nous demander s'il en est de même pour les élèves : quel est leur registre empirique? Quel statut prennent les contraintes empiriques qu'ils retiennent? L'étude de travaux d'élèves doit nous permettre de poser quelques jalons.

3. La compréhension des ophiolites par les élèves de lycée

3.1 La situation de classe mise en place

C'est à une classe de première S maîtrisant les aspects globaux de la théorie de la tectonique des plaques (accrétion, subduction, collision) que l'enseignant a fourni trois documents sur les ophiolites du Chenaillet, situées au sein des Alpes françaises : une carte géologique simplifiée de la région (référencée "carte" dans le tableau présenté en annexe), une photographie du Chenaillet montrant un relief constitué de pillow lavas (référencée "photo"), enfin une coupe de la région présentant les différentes formations rocheuses et leur disposition (référencée "coupe"); cette coupe inclut le mont Chenaillet présenté sur la photographie[68]. La consigne définit les ophiolites et demande aux élèves, répartis en binômes, de répondre à la question suivante: *En utilisant vos connaissances et les données des documents proposés ci-dessous, dites quelle peut être l'origine des ophiolites*. C'est sur la base des réponses écrites exigées (texte et éventuellement schémas)

[68] Ces types de documents (coupe, carte géologique) sont relativement familiers des élèves. Ils ne doivent pas présenter de difficultés de "lecture" majeures.

que nous nous proposons d'étudier les explications des élèves et de les comparer aux explications des scientifiques actuels.

3.2 Les caractéristiques des données empiriques mises à la disposition des élèves

L'enseignant fournit aux élèves des documents représentant des données empiriques comparables à celles que les chercheurs utilisent (données de terrain et données résultant d'une interprétation du terrain). Avant d'étudier les réponses des élèves, identifions celles qui, pour lui, méritent d'être expliquées (ces "faits à expliquer" représentent des contraintes empiriques signifiantes) et les nécessités de l'histoire des ophiolites qu'elles servent.

Contraintes empiriques signifiantes et nécessités de l'histoire

Le tableau présenté en annexe rassemble, dans la colonne 1, les contraintes empiriques signifiantes pour l'enseignant. Elles prennent leur sens dans la comparaison avec la croûte océanique en place actuellement. Ainsi, le repérage dans le Chenaillet d'un ensemble de roches typiques (basaltes en coussins, gabbros) analogues aux roches des fonds océaniques impose au modèle la nécessité d'une formation de ces roches dans une zone d'accrétion (dorsale océanique). De même, la position émergée de ces roches contraint à la nécessité d'un processus d'émersion. Enfin, les "anomalies" structurales de ces formations rocheuses (obliquité, présence en double) déterminent la nécessité de phénomènes tectoniques.
Comme pour le scientifique (voir plus haut), les contraintes empiriques rapportées à la formation des roches correspondent à des invariants, celles rapportées à l'émersion et à des phénomènes tectoniques ont valeur de variants: elles traduisent une modification de caractéristiques initiales.

Contraintes empiriques susceptibles d'être prises en compte par les lycéens

Compte tenu de l'état d'avancement de l'enseignement dans la classe considérée, certaines données empiriques ont peu de chance d'être signifiantes pour les élèves. L'analyse a priori repère ainsi un registre

empirique aisément accessible aux élèves se composant de neuf contraintes (deuxième colonne du tableau présenté en annexe).

3.3 L'histoire des ophiolites selon les élèves de lycée

Nous étudions les explications des élèves à partir de leurs productions écrites réalisées dans la demi-heure qui suit la communication de la consigne et des documents. Ces réponses résultent d'un court débat au sein des binômes.

Mise en catégories des réponses des élèves

Nous avons classé ces réponses écrites en **trois catégories** selon les histoires qu'elles proposent. Ces histoires prennent en compte des contraintes empiriques, c'est-à-dire des données des documents, retenues par les binômes. Les troisième, quatrième et cinquième colonnes du tableau présenté en annexe repèrent les contraintes empiriques retenues pour un binôme typique de chaque catégorie.

- Catégorie 1: seule la formation des roches des ophiolites est expliquée (2 binômes). La réponse typique (B10, troisième colonne du tableau) s'appuie sur la reconnaissance d'une association de roches issues du refroidissement, à différentes profondeurs, d'un même magma.

- Catégorie 2: la formation des roches des ophiolites et leur émersion sont abordées (7 binômes). La réponse typique (B4, quatrième colonne du tableau) relève l'association de roches caractéristiques et l'existence de pillows-lavas; elle met explicitement en relation ces données aux caractéristiques d'un fond océanique et au fonctionnement d'une dorsale et précise que *"le Massif du Chenaillet pendant la formation de ses roches, était recouvert d'un océan"*. Nous pensons pouvoir écrire que le binôme a été sensible à la position émergée de la région étudiée.

- Catégorie 3: la formation des roches des ophiolites est suivie de phénomènes tectoniques peu explicités (3 binômes). L'exemple typique (B3, cinquième colonne du tableau) construit une histoire

avec accrétion en milieu océanique, émersion mais aussi phénomènes tectoniques: *"la chambre magmatique, alors inutile, se divise en deux pour s'élever dans des directions opposées. La péridotite qui arrive à la surface est alors altérée et se transforme donc en serpentinite"*. Pour ce binôme, la disposition des roches par rapport au relief et l'altération des péridotites ont exigé une explication qui repose sur des mouvements.

Comparaison des explications des élèves avec les modèles des experts

Plusieurs points méritent d'être soulignés:

1) Le nombre relativement faible de contraintes empiriques retenues.
L'étude de l'ensemble des réponses montre que les élèves ont retenu moins de contraintes empiriques (de 3 à 6) qu'il n'y en a d'accessibles a priori dans les documents fournis par l'enseignant (9): l'obliquité des formations rocheuses par exemple n'est relevée par personne alors qu'elle est bien visible sur la coupe; de même, la présence en double d'une zone de pillow-lavas est ignorée.

2) L'existence de contraintes empiriques considérées à juste titre comme des invariants.
Toutes les réponses des binômes reconnaissent dans les ophiolites un morceau de la lithosphère océanique, en s'appuyant sur la présence de pillow-lavas et/ou l'association gabbros/basaltes, et lient cela à une formation au niveau d'une dorsale océanique. Donc certains invariants de l'explication des scientifiques sont construits par les élèves. La réponse du binôme 4 illustre cela: *"... on remarque que les laves en coussins sont les principales formes de roches de ce massif. Nous savons que les "pillows lavas" sont dûs au refroidissement rapide du magma en surface au niveau d'une dorsale océanique."*

3) Des contraintes empiriques considérées à tort comme des invariants.
Mais il ressort que d'autres contraintes empiriques, au lieu d'être mises en rapport avec la tectonique et donc de prendre le statut de variants, sont mises au service de la formation des roches et comprises ainsi comme des invariants. Ainsi, la forme du Chenaillet est donnée par

plus de la moitié des élèves comme la forme de la dorsale initiale. Le binôme 3, par exemple, écrit: *"... nous pouvons expliquer la présence de basalte (laves en coussins) au sommet du Massif du Chenaillet, qui se trouvait être une ancienne dorsale océanique."* Tout se passe comme si les élèves manifestaient une résistance à envisager des modifications des structures géologiques, autrement dit à recourir à certains possibles tectoniques.

Conclusion

Il ressort que les explications des ophiolites des géologues et des lycéens sont les unes et les autres des mises en histoire. Mais ce ne sont pas exactement les mêmes histoires : si géologues actuels et élèves envisagent un premier épisode au cours duquel les roches ophiolitiques se forment par fonctionnement d'une dorsale, ils se distinguent dans la définition des épisodes suivants. Une majorité d'élèves imagine un simple retrait de la mer de façon à expliquer la position émergée de ces roches. Peu entrent "en tectonique".

Nous remarquons que le décalage est lié au fait que les élèves ne donnent pas à certaines données empiriques le même statut (variant ou invariant) que celui attribué par les chercheurs. Cela se fait au bénéfice des invariants. Prenons quelques exemples:

- pour un certain nombre de binômes, le relief du Chenaillet, en tant que dôme ou montagne, représente la forme de la dorsale génitrice; ce n'est pas le cas des chercheurs qui associent la formation de ce relief à un régime de convergence ultérieur.
- les failles repérées dans la région sont comparées par certains élèves aux failles qui hachent les flancs d'une dorsale. Elles résultent donc de phénomènes de distension. Or les chercheurs les rapportent à des phénomènes de compression.

Ainsi, pour les élèves, ces contraintes empiriques signifiantes participent au premier épisode (la formation des roches ophiolitiques) alors que les chercheurs les placent dans des épisodes ultérieurs.

Il nous semble qu'en arrière plan, il y a un positionnement différent vis à vis de la tectonique. Chez les élèves, les phénomènes tectoniques sont soit ignorés soit simplistes. Il y a vraisemblablement là une vraie

difficulté de représentation de ces phénomènes. Ce n'est pas sans rappeler certains obstacles de l'histoire de la géologie. F. Ellenberger écrit que *"La communauté géologique n'a accepté que contrainte et forcée le fait des charriages"* (F. Ellenberger, 1994).

REFERENCES

Anonyme (1972). Penrose field conference on ophiolites. *Geotimes*. 17.

Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique.* Paris: Vrin. (1986).

Ellenberger, F. (1994). *Histoire de la géologie*. Paris: Technique et documentation (Lavoisier).

Gohau, G. (1990). *Une histoire de la géologie*. Paris: Seuil.

Gohau, G. (1995). Traquer les obstacles épistémologiques à travers les lapsus d'élèves et d'écrivains. *ASTER*, 28, pp 21-41.

Halbwachs, F. (1973). L'histoire de l'explication en physique. In L.Apostel et al. (1973). *L'explication dans les sciences*. Paris: Flammarion.

Martinand J.-L. (1992). Présentation in *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences.* Paris: INRP.

Michard, A. (1987). L'obduction. In *La Recherche*. 186, pp. 312-322.

Nicolas, A. (1990). *Les montagnes sous la mer.* Orléans: BRGM.

Orange, C. Beorchia, F. Ducrocq, & Orange D. (1999). "Réel de terrain", "réel de laboratoire" et construction de problèmes en sciences de la vie et de Terre. *ASTER*, 28, pp. 107-129.

Piaget, J. (1973). Introduction: le problème de l'explication. . In L.Apostel et al. (1973). *L'explication dans les sciences*. Paris: Flammarion.

Toulmin S. (1973). *L'explication scientifique*. Paris: Armand Colin (édition originale, 1961).

Whitechurch H., Ernewein M.(1999). Article "Ophiolites". In *Encyclopaedia universalis*.

ANNEXE

CONTRAINTES EMPIRIQUES	prof.	attendu	B10 cat1	B4 cat2	B3 cat3
1. Basaltes (laves) en coussins (carte, photo et coupe)					
2. Association de roches typiques (carte et coupe)					
3. Zone émergée (carte, photo et coupe)					
4. Zone montagneuse (carte, photo et coupe)					
5. Proximité lithosphère océanique/lithosphère continentale (carte et coupe)					
6. Relief (dôme, massif) du Chenaillet (photo et coupe)					
7. Disposition des roches par rapport au relief (coupe)					
8. Obliquité des formations rocheuses (coupe)					
9. Redoublement de certaines formations (coupe)					
10. Zone détritique intercalée dans les laves en coussins (coupe)					
11. Failles (carte)					
12. Roches altérées ou métamorphisées (serpentinites) (carte et coupe)					

liée à la nécessité d'une formation des roches

liée à la nécessité d'une émersion

liée à la nécessité de phénomènes tectoniques

non évoquée

UN MODELE MESOSCOPIQUE DE LIQUIDE POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA STATIQUE DES FLUIDES

Ugo Besson
LDSP, Université Paris 7
54 rue Cler, 75007 Paris
tél. 0145560596, e-mail: ugobesson@aol.com

Laurence Viennot
LDSP, Université Paris 7

Jacques Lega
UCL, Louvain la Neuve

1. Contexte et objectifs de la recherche

Plusieurs recherches ont montré les idées et les difficultés des élèves concernant les gaz et les liquides (réf. 1-6). Les enquêtes sur les raisonnements d'élèves à propos de la pression dans les liquides, [3], [4], [5], montrent que la plupart des élèves pensent, correctement, que la pression augmente avec la profondeur, mais pour beaucoup d'entre eux elle dépend aussi du volume total du liquide et elle « agit » seulement ou surtout vers le bas, une idée qui va souvent avec une non-différentiation entre pression et force [7]. Des modèles de fluide ont été proposés dans des séquences d'enseignement. Pour introduire le concept de pression et le principe de Pascal, Borghi et al. [8] ont proposé un modèle bidimensionnel de liquide, constitué de petits disques rigides au contact entre eux sans frottement. Méheut [9] propose un modèle cinétique de gaz, qui prend en considération les aspects thermiques. Nous n'avons trouvé, dans la littérature didactique, aucune proposition de modélisation qui tienne en compte l'action de la gravité et la compressibilité.

Dans notre démarche à la fois d'étude des raisonnements et de construction de séquence didactique, nous voudrions atteindre les images que les élèves et les étudiants ont des fluides. Il ne s'agit pas seulement de voir quelles règles et quels concepts sont appliqués dans les situations proposées : il nous semble que pour avancer dans la compréhension, il ne suffit pas de dire ce que *doit être* telle ou telle grandeur, mais aussi d'explorer comment « arrive » l'état qu'on analyse.

Pour connecter le raisonnement *global*, fondé sur les lois et formules concernant le fluide en étude dans sa totalité, par exemple $\Delta p = -\rho g \Delta h$, et un raisonnement *local*, fondé sur ce qui se passe dans un certain petit endroit du fluide, ce qui change dans les propriétés locales du liquide, il faut activer un raisonnement *systémique*, basé sur les interactions entre les parties du fluide, sur une transmission des changements, qui puisse expliquer le *mécanisme* qui conduit à établir une nouvelle situation d'équilibre. Il faudrait aussi éviter d'affirmer qu'un liquide est incompressible, ce qui semble exclure toute modification locale du fluide et donc toute différence concernant son action sur la paroi ou le fluide au voisinage. Les variations de volume des liquides sont souvent négligeables dans les calculs, mais elles sont essentielles pour comprendre ce qui se passe.

Après une étude sur les conceptions des élèves, nous présenterons une courte séquence d'enseignement expérimentée à l'Université Catholique de Louvain.

2. Les raisonnements sur la pression dans les fluides

Nous avons interrogé 88 élèves italiens et français, du niveau de la Seconde à la Terminale et 188 étudiants de première année universitaire en Belgique, d'une filière scientifique, ces derniers juste après qu'ils aient suivi la partie du cours de physique concernant la

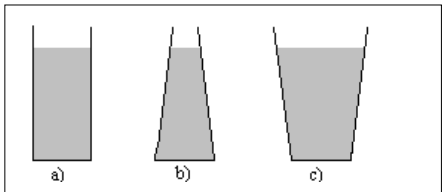


Fig.1 Les trois récipients

statique des fluides. Après des entretiens exploratoires, des questionnaires papier-crayon ont été utilisés.

Dans un de ces questionnaires, «Récipients», nous avons demandé aux étudiants de comparer les forces exercées par l'eau sur le fond, de même surface, des trois récipients de la fig.1, remplis à même niveau. La réponse correcte, que les forces sont égales, est donnée par 43% des étudiants, tandis que 51% répondent que la force est plus grande dans le récipient *c*. Les justifications montrent la présence forte de l'implication "plus d'eau, donc plus de force sur le fond", de l'idée que le poids de toute l'eau qui est dans le récipient agit sur le fond, qui doit la soutenir.

Dans un autre questionnaire, «Poissons», nous avons demandé de comparer la pression pour deux poissons situés à la même profondeur, l'un en pleine mer et l'autre dans une grotte sous-marine (fig.2). La grande majorité des élèves de lycée considère qu'il y a une pression différente : plus grande en pleine mer (45%) ou dans la grotte (39%). Parmi les étudiants universitaires les réponses correctes sont majoritaires (68 %), mais on retrouve une minorité importante (32%) qui, même après enseignement, considère que la pression est différente pour les deux poissons, avec une forte préférence (24% du total) pour une pression plus grande en pleine mer. Les justifications évoquent souvent l'idée que la pression dépend de la quantité de fluide situé directement au-dessus du point considéré. C'est la conception du « *fluide sur la tête»,* selon laquelle ce qui détermine la pression est le poids du fluide au-dessus, *qui agit verticalement vers le bas*. En plus, selon plusieurs étudiants le rocher n'exerce aucune force sur l'eau en haut de la grotte. On peut penser que s'il manque l'idée d'un *mécanisme,* en termes d'actions locales, les étudiants n'arrivent pas à bien comprendre la situation physique.

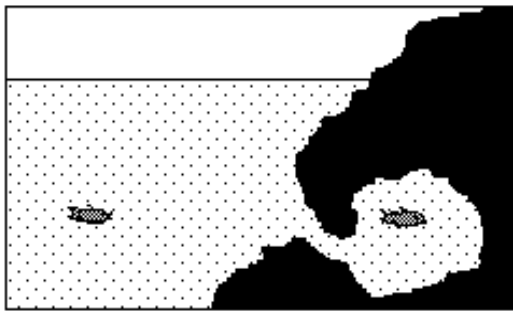


Fig. 2 Les deux poissons

3. Elaboration d'une séquence d'enseignement

Les difficultés relevées nous ont conduits à élaborer une courte séquence d'enseignement (deux heures et demi) qui a été expérimentée deux ans de suite (1999 et 2000) en première année universitaire scientifique à Louvain la Neuve, après un cours magistral classique sur ce thème. Le cours théorique de statique des fluides a été laissé inchangé, et chaque année le groupe expérimental (N=71, N=169, respectivement) a suivi la séquence pendant que le groupe de contrôle (N=77, N=94) était occupé dans les séances classiques d'exercices. Il s'agit donc d'une *micro séquence* : on veut ainsi tester s'il est possible de produire des petits changements très ciblés sur quelques aspects bien précis, avec des petites modifications dans l'enseignement.

Le savoir de référence relève de la statique des liquides en présence de gravité, modèle particulaire, aspects cinétiques et thermiques étant exclus. Sont en cause le caractère scalaire de la pression, sa relation avec la force exercée sur un élément de surface d'orientation quelconque, et la variation de pression avec l'altitude au sein du liquide. La séquence vise à mettre les étudiants en mesure d'utiliser ces éléments du savoir de référence pour analyser des situations où l'idée de « poids au-dessus » y fait souvent obstacle. On se propose de suggérer aux étudiants une typologie de raisonnement et de solliciter leur attention sur des aspects en général négligés, qui pourraient aider à modifier les tendances décrites auparavant, notamment sur les actions qui s'exercent horizontalement et verticalement du bas vers le haut, le rôle des parois et des petites déformations du fluide.

L'analyse commune est centrée sur des actions verticales du haut vers le bas, et presque jamais du bas vers le haut ou horizontalement. Il nous fallait donc activer une analyse selon une direction horizontale, en précurseur d'une analyse de l'isotropie, et mettre en œuvre l'idée de modification de l'état du liquide associée aux variations de pression. Cette démarche implique à la fois l'idée de réaction globale du système à une perturbation et celle de modification locale du liquide.

La séquence repose sur une analogie mécanique située au niveau mésoscopique. Ce niveau permet de ne pas s'engager sur ce qui justifie la répulsion entre éléments de fluide, qui est à rapporter à la

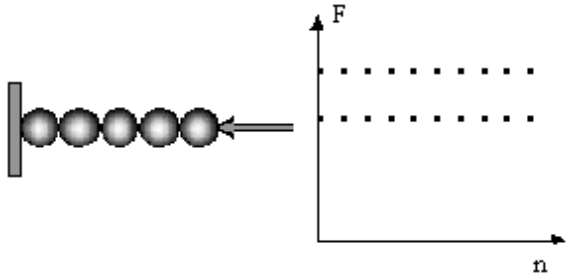


Fig. 3 Valeur des forces mutuelles entre les balles de mousse en fonction du numéro d'ordre du point de contact, pour deux valeurs de la poussée extérieure

cinétique moléculaire. Les objets analogues choisis pour ces unités mésoscopiques sont des balles de mousse, traitées d'abord comme des entités mécaniques, ensuite comme un modèle d'éléments de fluide. Les balles de mousse peuvent être déformées, elles réagissent aux déformations de la même façon dans toutes les directions, leurs déformations sont petites par rapport à leur dimension, mais on en tient compte dans les raisonnements.

Au début de la séquence, on étudie trois situations comportant des balles en file indienne calées à l'une des extrémités de la file, et poussée à l'autre dans l'axe de la file.

Une série de balles est placée horizontalement sur une table. D'un côté il y a une paroi, de l'autre on pousse par la main sur la première balle. A l'équilibre, les forces entre les balles voisines sont toutes de la même intensité. On fait un schéma des forces et on insiste sur le fait que les forces vers la droite ont la même intensité que celles vers la gauche. On fait un graphique de l'intensité des forces $F(n)$, n=0, 1, 2, 3, … indiquant le premier, deuxième etc. point de contact entre deux balles voisines (fig.3). On voit que les points du graphique sont tous sur une droite parallèle à l'axe horizontal n. Si l'on pousse plus fort, les forces augmentent d'intensité, mais *toutes de la même façon*, donc les intensités sont encore toutes égales entre elles. Le graphique est encore une droite horizontale, mais *déplacée plus en haut*. On fait aussi un graphique $F(x)$, x étant l'abscisse horizontale de la position

des points de contact entre les balles voisines. Les points du graphique sont encore sur une droite horizontale, qui se déplace parallèlement vers le haut, si l'on pousse plus fort. Mais dans ce cas les points se rapprochent un petit peu, quand on pousse plus fort, car les balles se compriment, certes très peu, et donc la distance entre les points de contact diminue.

Dans les deux autres situations les balles sont placées l'une sur l'autre, verticalement. Dans un cas, la plus basse est appuyée sur le sol et la plus haute est poussée par la main vers le bas, dans l'autre la plus basse est appuyée sur la main, la plus haute est poussée contre le plafond (fig. 4). Dans ces deux cas, les forces entre les balles voisines ne sont pas toutes de la même intensité : plus on va vers le bas, plus elles augmentent, à chaque fois d'une quantité égale au poids d'une balle. On analyse les forces exercées par les balles sur leurs voisines et sur la paroi. On fait un schéma des forces et on insiste sur le fait que, pour chaque couple de balles, la force vers le haut a la même intensité

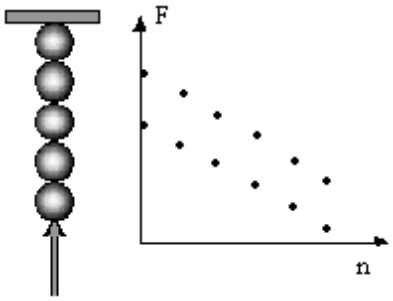


Fig. 4 Valeur des forces mutuelles entre les balles de mousse en fonction du numéro d'ordre du point de contact, pour

que celle vers le bas. On fait un graphique de l'intensité des forces *F(n), n*=0, 1, 2, 3, … indiquant le premier, deuxième etc. point de contact entre deux balles voisines, à partir du fond (fig.4). On voit que les points du graphique se disposent tous sur une droite inclinée, décroissante avec *n*. Si l'on pousse plus fort, les balles subissent des

petites déformations et les forces augmentent d'intensité, mais *toutes de la même façon*, donc *les différences entre une force et la suivante demeurent inchangées* et toujours égales au poids de chaque balle. En faisant varier la force externe, on fait varier toutes les intensités des interactions à la fois, tout en gardant inchangées leurs différences. Le graphique est encore une droite inclinée, mais *déplacée parallèlement vers le haut*.

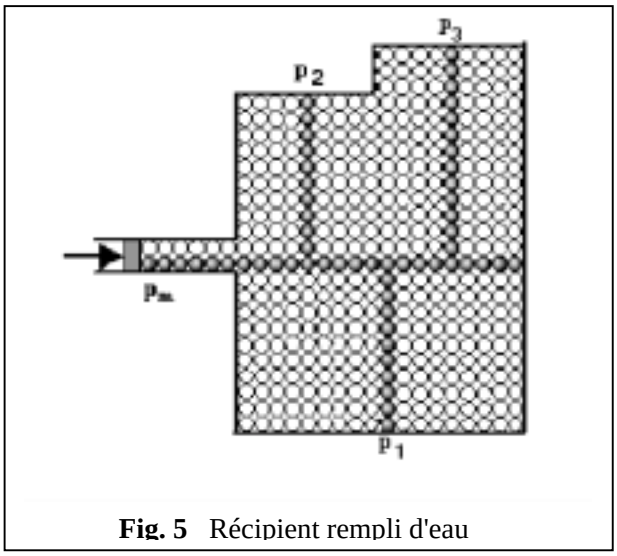


Fig. 5 Récipient rempli d'eau

On propose ensuite l'analogie avec les liquides. On revient sur les situations horizontale et verticale, avec l'analogie entre les diagrammes des balles de mousse et ceux établis pour les fluides. On considère un récipient fermé, rempli d'eau, avec un piston qui permet de pousser en direction horizontale sur l'eau (Fig.5) et l'on discute de questions comme celles-ci : *Quels sont tous les points où la pression est égale à celle d'un point du liquide près du piston ou d'un point P_1 au fond du récipient ou d'un point P_2 ou P_3 au plafond du récipient ? La variation de la pression exercée par le piston a-t-elle des répercussions verticalement ?*

Tout comme dans les cas de la main qui poussait les balles de mousse, pousser en bas, en haut ou horizontalement une colonne de liquide,

dont l'autre extrémité est bloquée, revient à faire varier toutes les interactions, en maintenant les différences. On exploite encore une fois les diagrammes *F(n),* en référence avec les colonnes de liquide dans le récipient en étude, relatives aux points considérés auparavant P_1 ,P_2 ,P_3 , P_m .
Dans la séance suivante, on revient sur la situation des trois récipients (fig.1), qui a été présentée comme test d'entrée. Par groupe de deux, les étudiants débattent de cette comparaison, munis cette fois du modèle des balles de mousses.

4. Evaluation de la séquence

4.1 Le post test "Poissons"

Après vérification en test d'entrée de l'équivalence des populations comparées, un post-test a été construit avec la situation « Poissons » (fig.2), et présenté quatre semaines après la séquence. Les résultats pour l'an 2000, mentionnés ici, concernent 169 étudiants du groupe expérimental et 94 étudiants du groupe de contrôle. On pose trois questions.

Question 1 : Comparaison de la pression pour deux poissons, l'un en pleine mer et l'autre dans une grotte.

NR = pas de réponse

	a) pression égale	b) pression plus grande dans la grotte	c) pression plus grande en pleine mer	NR
Groupe exp.	81,1%	6,5%	12,4%	0
Groupe contrôle	70,2%	6,4%	22,3%	1
Total	77,2%	6,5%	16,0%	1

Question 2 : En bas de la grotte l'eau exerce-t-elle une force sur le rocher et le rocher exerce-t-il une force sur l'eau ?

Force de l'eau sur le rocher

	Oui	Non	NR
Groupe exp.	97,6%	0,6%	1,8%
Groupe contrôle	90,4%	5,3%	4,3%
Total	95,1%	2,3%	2,7%

Force du rocher sur l'eau

	Oui	Non	NR
Groupe exp.	94,1%	1,8%	4,1%
Groupe contrôle	80,9%	12,8%	6,4%
Total	89,4%	5,7%	4,9%

Question 3 : En haut de la grotte l'eau exerce-t-elle une force sur le rocher et le rocher exerce-t-il une force sur l'eau ?

Force de l'eau sur le rocher

	Oui	Non	NR
Groupe exp.	84,6%	7,7%	7,7%
Groupe contrôle	80,9%	12,8%	6,4%
Total	83,3%	9,5%	7,2%

Force du rocher sur l'eau

	Oui	Non	NR
Groupe exp.	82,8%	7,7%	9,5%
Groupe contrôle	72,3%	17,0%	11%
Total	79,1%	11,0%	9,9%

Le groupe expérimental marque une amélioration de 11% des réponses correctes (le tiers de la population habituellement en échec sur cette question) à la question 1, ce qui signe un succès modéré.
L'interaction entre eau et rocher est davantage reconnue dans le groupe expérimental, surtout pour les forces du rocher sur l'eau en haut de la grotte: 83% contre 72%. La valeur du χ^2 est χ^2=4,0. La différence est donc *significative au niveau 5%* . Sur cet aspect, la petite séquence d'enseignement, en bonne partie centrée sur l'analyse les forces réciproques des balles de mousse entre elles et avec la paroi ou la main, pourrait bien avoir agi efficacement.
Dans leurs justifications, plusieurs étudiants (22 soit 13%) du groupe expérimental font appel au modèle des balles de mousse et plusieurs (21 soit 12% contre 3 soit 3% dans le groupe contrôle) font un

raisonnement en terme d'actions horizontales, parfois moyennant le modèle proposé : «*La pression est égale ... si on considère le modèle des balles de mousse, celle à l'extrême gauche subit des forces, qui se répètent de boule en boule jusqu'à celles de la grotte*».
Parmi ceux qui ont donné la réponse correcte, 29 étudiants évoquent la force exercée par le plafond de la grotte sur l'eau pour justifier que la pression est égale pour les deux poissons, même s'ils ont des hauteurs différentes d'eau au-dessus d'eux : «*La pression est égale, car la différence de hauteur est compensée par la force qu'exerce la paroi* ».

4.2 Les débats

Les débats finaux sur la situation des trois récipients (fig.1) permettent aussi d'évaluer comment les éléments didactiques proposés interviennent dans les raisonnements des étudiants. Les séances observées se déroulent une semaine après celle où a été introduit le modèle des balles de mousse et son application à la pression dans les liquides. On propose aux étudiants, en groupes de deux, de comparer les forces exercées par l'eau sur le fond (de même surface) des trois récipients remplis jusqu'au même niveau. Des groupes volontaires ont été enregistrés, la discussion durant de l'ordre de 15-20 minutes. Nous disposons de 9 enregistrements de ces débats et de 14 feuilles de réponses.
Les points principaux sur lesquels se centre notre analyse sont les suivants.

- Engagement des élèves dans le débat, désir d'aboutir.
- Existence des deux difficultés principales prévues :
  a) la quantité d'eau est différente dans les trois récipients, il y a plus d'eau dans le récipient *a*, moins dans le *b*, (raisonnement "plus d'eau = plus de force sur le fond");
  b) les «colonnes d'eau» impliquées n'ont pas toutes la même hauteur, du fait des parois obliques.
- Utilisation d'éléments discrets (« boules », « billes »…) comme dans le modèle proposé.
- Allusion à la contrainte "à un même niveau, la pression est la même", sous l'une des deux formes :

a) référence à la règle ou la formule apprises, du type "la pression dépend de la profondeur";
b) référence à la séquence, où l'on analyse les forces sur une ligne horizontale.

- Considération du rôle des parois:
  a) passif, la paroi oblique empêche que le poids de l'eau agisse sur le fond;
  b) actif, mention de l'action de la paroi *sur* l'eau, un élément crucial dans la résolution des conflits engendrés par les difficultés décrites ci-dessus.
- Allusion à des exemples ou raisonnements caractérisant la séance précédente : l'action de la paroi «comme une main», boules qui poussent sur le plafond ou sur le mur, déformation des boules, actions transmises dans toutes les directions, égalité des forces sur une ligne horizontale.
- Existence d'un «dénouement» du conflit, c'est à dire d'un accord manifeste d'au moins l'un des interlocuteurs en faveur de la solution correcte (les trois forces sont les mêmes), accompagnée de l'explication du rôle des parois obliques (au moins ceci : la composante verticale de la force qu'elles exercent sur l'eau rend compte du paradoxe apparent lié aux colonnes d'eau de hauteurs inégales).
- Lorsqu'une feuille avec dessin est disponible, ses principaux caractères sont signalés.

On relève quatre types de raisonnements principaux:

1. Dans un espace plus coincé, étroit, la pression est plus grande, parce que le liquide est "compressé", "écrasé".
2. Dans le récipient avec plus de liquide il y a plus de poids, donc la force sur le fond est plus grande. En bref: "plus d'eau = plus de force sur le fond".
3. La pression dépend du poids de la colonne de fluide directement au-dessus du point considéré. En bref: "colonne d'eau au-dessus", "fluide sur la tête".
4. La pression dépend de la hauteur, à une même profondeur ou hauteur, la pression est égale. En bref : "même hauteur = même pression", "formule $p = g h$ "

Le raisonnement 1) conduit naturellement à conclure que la force est plus grande pour le récipient *c* /__\ . Il est assez primitif, dans le sens que sa présence diminue rapidement avec le niveau scolaire. Dans notre enquête, on passe de 20-33 % au lycée jusqu'à 4-7 % à la première année universitaire de filière scientifique, après enseignement. Il est évoqué ici dans un seul débat, par un seul étudiant, qui d'ailleurs change rapidement d'avis en faveur de l'idée du type 2).
Le raisonnement 2) amène à la conclusion que la force est plus grande pour le récipient *a* __/ et plus petite pour le *c* /__\ . Il s'agit d'un raisonnement *global* très répandu et persistant. Dans notre enquête parmi les étudiants de première année universitaire il est représenté avec un score entre 40-45 %, sans différence sensible entre avant et après un enseignement traditionnel. Il est présent dans 6 débats sur 9, mais en général de façon très épisodique et au début ou au milieu du débat. Il n'est cité assez souvent que dans les débats 4 et 5 où il persiste presque jusqu'à la fin. Dans les débats 2, 8 et 9 il n'apparaît qu'une ou deux fois. Dans le 8 il est vite écarté en faveur d'un raisonnement du type 3, soutenu par l'autre étudiant du groupe. Dans le 9 il apparaît, inattendu et rapidement éliminé, face aux difficultés croissantes d'un raisonnement du type 3. On voit que l'importance de ce raisonnement est beaucoup plus faible dans ces débats que dans les questionnaires de notre enquête, même après un enseignement traditionnel. Ce résultat peut être considéré comme un effet positif de la séquence, surtout parce que, même lorsqu'il est présent, ce raisonnement ne survit en général pas longtemps aux arguments fondés sur le modèle et la logique proposée par la séquence.
Le raisonnement 3) est le plus présent (débats 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9) et surtout le plus actif dans les débats. Il est très souvent utilisé avec le modèle des balles de mousse, en termes de "colonnes de boules ou billes" au-dessus. Il peut être considéré aussi, dans la plupart des formulations exprimées, comme un raisonnement mixte local-global et il constitue souvent une première avancée vers un raisonnement systémique complet. Il conduit, plus ou moins rapidement, à l'égalité des forces pour les récipients *a* __/ et *b* |__| , mais laisse beaucoup des difficultés sur le cas *c* /__\, à cause des colonnes d'eau de différente hauteur aux bords du récipient. Parfois une amorce de raisonnement systémique, non maîtrisé, couplée à cette typologie, peut aussi ajouter

des difficultés pour le récipient *a*. En effet les "autres billes" sur les parois latérales "*sont là, elles n'agissent pas directement sur le fond*", mais en quelque sorte, de façon indirecte, peut-être par transmission, "*elles sont là*" d'ailleurs.
Le raisonnement 4) est utilisé plutôt comme une règle, une formule verbale ou mathématique, très peu liée à une analyse de la situation physique. Presque toujours connue, elle n'est absolument pas suffisante pour convaincre bon nombre d'étudiants. Tant que la mécanique complète des boules n'est pas réconciliée, cette règle peut être totalement négligée, voire directement mise en question.
Pour surmonter les difficultés liées aux sources typiques d'erreur (l'idée "plus de fluide, donc plus de force" et celle "la pression ne dépend que de la colonne d'eau directement au-dessus"), il faut que les étudiants fassent une analyse locale des forces et comprennent le rôle actif des parois et les forces réciproques entre parois et liquide: "*Les boules…, elles ont tendance à s'écraser donc à exercer une force latérale…horizontale sur les boules avoisinantes, cette force se transmet jusqu'aux parois et la paroi étant inclinée induit une force… vers le bas*".
L'explication satisfaisante, souvent longue à venir, fait toujours intervenir le modèle des balles de mousses et une analyse du rôle des parois obliques: "*c'est comme s'il y avait une main qui appuyait, mais la main n'appuie pas avec la même force ici que là*".
Parfois, au contraire, la difficulté à manier les aspects mécaniques du modèle, notamment la décomposition vectorielle des forces, rend vaine toute tentative de solution: il y a probablement un seuil de compétence minimale pour bénéficier de la séquence.

4.3 Synthèse d'un débat

Nous donnons ici, comme exemple, la synthèse du débat n° 8, entre deux étudiants A, B.
Le débat démarre avec un contraste immédiat:

B1 La pression et la force c'est la même chose.. dans les trois récipients t'as une même surface. La pression, c'est la force sur la surface, donc si la pression est la même, la force est la même.
A2 Moi je ne crois pas.
B3 Mais si mais si. …

Pour A la force est plus grande en *a*, "*parce qu'y a plus de liquide, il y a un plus grand poids"* (A6). B essaie de le convaincre, en faisant appel tout de suite au "modèle des boules" (B10) et à l'idée que *la pression est due à la colonne de liquide au-dessus et le poids se transmet du haut vers le bas verticalement*:

B10 … c'est là qu'on va en venir au modèle des boules, qu'est-ce qui va appuyer ici, c'est uniquement cette colonne d'eau, c'est elle qui va faire une force ici, donc la force sera la même que là, tu vois ce que je veux dire ? … Parce que qu'est-ce qui agit sur cette surface ici, c'est uniquement la colonne d'eau qui est située au-dessus, parce que tout le reste agit ici, et si tu veux, dans le cas où t'as plus d'eau, ça n'a aucune importance parce que toute l'eau que t'as ici elle va exercer une force sur la paroi …

A11 Oui, ça d'accord ! Là t'as raison

On voit que A est vite convaincu de l'égalité des forces en *a* __/ et *b* |__| , il reste à débattre sur le cas *c* /__\ , plus difficile:

B12 Par contre, y faut se poser la question ici parce que là t'as moins d'eau et si tu prends la colonne, ben là t'as un vide. Parce qu'on avait fait ce raisonnement là, là c'est bon parce que l'eau qu'y a ici agit sur ces parois-là, mais là y a un manque d'eau, là, tu vois. Donc la force ou la pression devrait être moins forte ici.

B14 … Attends, ce qu'on peut essayer de faire c'est quand même de faire ça à partir du modèle…

A15 Avec les boules !

B16 Parce que…Attends, attends… Imagine, dans celui-là… On va faire ça voilà, alors si tu mets…tes boules ici…t'en as autant ici, hop hop hop hop hop hop hop …

B semble déjà convaincu que les forces sont égales (B23), mais il n'arrive pas bien à l'expliquer.

Ils font référence plusieurs fois à la séquence, même dans certains détails :

A30 … on avait vu, la fois passée, d'une manière, on pousse vers le plafond, et l'autre, on la pousse vers le fond, et ça c'est le premier cas, on va reprendre,

C'est justement ici, en analogie avec les exemples de la séquence, que se déclenche l'idée que les boules exercent des forces dans toutes les

directions et que les parois exercent une force (ou, de manière impropre mais apparemment équivalente pour l'étudiant, une pression) aussi vers le bas, dans le cas *c* (A32, B33). L'idée se clarifie peu à peu, jusqu'à devenir nette vers la fin:

> B47 Ces billes-là exercent une pression sur les bords ici sur ces billes-là, plus ou moins importante selon la hauteur, et de ce fait-là…Ah ben oui ! C'est bon ! Parce que de ce fait là, comme les molécules exercent …si elles reçoivent une pression d'un côté elles exercent les mêmes dans les trois dimensions, en fait la pression va être exercée… on va avoir la même pression exercée vers le bas aussi.

On voit que dans ce débat le contraste est immédiat entre les deux étudiants, porteurs l'un de la conception "plus de liquide=plus de force sur le fond", l'autre de celle de "la colonne de fluide au-dessus", mais le second gagne rapidement (A11) et l'égalité des forces est établie pour les cas *a* et *b*.

Le cas *c*, bien plus difficile, est résolu avec l'utilisation systématique du modèle. Le dénouement final arrive en évoquant une analogie avec les exemples traités dans la séquence, qui déclenchent enfin l'idée que les boules exercent des forces dans toutes les directions et que les parois exercent une force avec une composante verticale, vers le bas.

5. Conclusions

On peut conclure que plusieurs étudiants, malgré une réelle difficulté initiale, atteignent, après la séquence, une compréhension plus satisfaisante de la situation physique, dans laquelle ils prennent en compte des interactions entre éléments du fluide. L'adjectif «satisfaisante» renvoie ici à la prise en compte des interactions entre éléments du fluide, compte tenu du poids de ceux-ci, menant à respecter l'égalité des pressions à même altitude dans le fluide, sans que les sources classiques d'erreur relevées plus haut ne viennent déstabiliser ces acquis.

L'étape de modélisation qui devrait suivre est celle qui permet de « rentrer » dans l'unité mésoscopique figurée plus haut par une balle de mousse, ce qui amène à l'échelle microscopique des particules

constituant le fluide et permet une approche plus fine de l'isotropie et surtout celle des propriétés thermoélastiques des gaz.

REFERENCES

J. Piaget, B. Inhelder, *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent,* Paris, 1955.

M.G. Séré, Children's Conceptions of the Gaseous State, *European Journal of Science Education,* **8**, 1986, pp.413-425; see also E.J.S.E., **4**, 1982, pp.299-309.

E. Engel, R. Driver, What do Children Understand about Pressure in Fluids?, *Research in Science and Technological Education*, **3**, 1985, pp.133-144.

P.A. Giese, Misconceptions about Water Pressure, *Proceedings of 2nd International Seminar, Ithaca, Cornell University*, vol. 2, pp.143-148, 1987.

P. Kariotoglou, D. Psillos, Pupils' Pressure Models and their Implications for Instruction, *Research in Science and Technological Education*, **11**, 1993, pp.95-108.

U. Besson, *La pression dans les fluides*, Mémoire du DEA de Didactique des disciplines, Université Paris 7, 1997.

P. Kariotoglou, P. Koumaras, D. Psillos, Différentiation conceptuelle: un enseignement d'hydrostatique, fondé sur le développement et la contradiction des conceptions des élèves, *Didaskalia*, n° **7**, pp.63-90, 1995.

L. Borghi et al., Un modèle pour la compréhension des propriétés des liquides, *Didaskalia*, n° **8**, pp.139-153, 1996.

M. Méheut, Enseignement d'un modèle particulaire cinétique de gaz au collège, *Didaskalia*, n° **8**, pp.7-32, 1996.

LA TECTONIQUE DES PLAQUES EN PREMIERE ANNEE D'IUFM : UNE THEORIE GLOBALE ?

Jean-Louis Roubaud

CIRADE Ancien Hôtel-Dieu
1,Avenue de Verdun
13110 Lambesc
Tél.04 42 57 17 17
Roubaud@club-internet.fr

Définie en mathématiques par Y. Chevallard (Chevallard 1991), la théorie de la transposition didactique étudie les processus qui à partir d'un objet de savoir savant conduisent à un objet enseigné relativement à un projet social d'enseignement. À partir de la définition d'un objet à enseigner, l'enseignant va élaborer un objet d'enseignement qui deviendra objet enseigné dans la classe. Notre étude porte sur un moment de ce processus quand, dans un IUFM, on participe à l'élaboration de ce qui sera un objet d'enseignement à l'école élémentaire. L'analyse de l'introduction de la tectonique des plaques à l'école élémentaire montre que certains n'hésitent pas à en faire un " objet public de savoir " appartenant à une culture scientifique générale. À l'école élémentaire, la tectonique des plaques doit être enseignée comme modèle explicatif de la répartition des séismes et volcans. L'IUFM dans lequel cette étude a été réalisée, montre la volonté d'enseigner aux futurs professeurs des écoles, la maîtrise des grands concepts de la discipline.
Nous nous sommes intéressés, par le biais d'une analyse des conceptions, à la manière dont des étudiants de première année d'IUFM, futurs professeurs des écoles, mettaient en relation les phénomènes géologiques à enseigner à l'école élémentaire : volcans, séismes et tectonique des plaques. Ses conceptions s'accorderaient elles avec la définition de l'objet à enseigner ?
Une " mosaïque " de conceptions est apparue, montrant chez les sujets, un cloisonnement de ces objets scientifiques, rendant

difficilement exploitable leur utilisation à des fins didactiques dans le cadre de la formation. Au regard des réponses des étudiants et de l'interaction entre les disciplines, nécessaires à l'école élémentaire (Ministère de l'éducation 1992), la définition de l'objet à enseigner oublie, à notre avis, les phénomènes géologiques majeurs que sont les orogenèses, contribuant ainsi à morceler plus encore les rapports des sujets à la tectonique des plaques. Tous ces éléments définissent les pistes d'une réflexion qu'il faudrait conduire dans le cadre de la formation des futurs professeurs d'école et plus largement dans l'enseignement des Sciences de la Terre dans le système éducatif français.

Problématique

En vertu du principe de "vigilance épistémologique (Chevallard 1985), l'objet de savoir de référence, s'il présente une distance, doit se reconnaître dans l'objet d'enseignement construit à partir de la définition de l'objet à enseigner. En l'occurrence, l'objet d'enseignement relatif aux phénomènes géologiques, que devront construire les futurs professeurs des écoles, nécessitera de prendre en compte **la dimension globale de la tectonique des plaques** pour rendre compte de la répartition géographique des volcans et séismes. L'analyse des conceptions des étudiants de première année d'IUFM doit montrer si pour les étudiants, la tectonique des plaques explique l'origine et le fonctionnement des volcans et séismes, et participe à leurs constructions de la structure de la terre.

Hypothèse

Ces phénomènes apparaissent comme des objets publics de savoir, les conceptions des étudiants de l'IUFM, devraient donc être proches et répondre aux attentes de l'IUFM.

Méthodologie

Dans la plupart des recherches relatives à la formation des professeurs des écoles (Martinand 1996), il est noté une forte proportion de sujets "non scientifiques", les statistiques font état de 10 à 20 % seulement

de "scientifiques" (possédant un bac scientifique ou technique) dans les futurs professeurs d'école. Dans le cas présent, les proportions sont inverses, 40 % de "non scientifiques" pour 60 % de "scientifiques".

Le questionnaire suivant a été proposé à 77 étudiants (3 groupes) de première année de l'IUFM d'Aix-Marseille :
1) Comment expliquez vous la formation et le "fonctionnement" d'un volcan ?
Vous pouvez illustrer vos propos par un schéma.
2) Comment expliquez vous l'origine et le "fonctionnement" d'un séisme ?
Vous pouvez illustrer vos propos par un schéma.
3)Pouvez-vous faire un schéma de la structure de la terre ?
Vous pouvez rajouter du texte si des explications vous semblent nécessaires.
4) Pouvez-vous expliquer ce qu'est la théorie de la tectonique des plaques ?
Vous pouvez illustrer vos propos par un ou des schémas.
5) Quels phénomènes géologiques cette théorie permet-elle d'expliquer ?
Le même questionnaire a été proposé cinq semaines après les séances de formation, afin de mesurer "l'impact" de celles-ci sur les conceptions des étudiants.
Nous allons chercher et recenser dans les questionnaires**,** les réponses (avant la séance de formation), dans lesquelles il est fait état de la tectonique des plaques pour expliquer l'origine et le fonctionnement d'un volcan. La même démarche sera utilisée pour les questions relatives aux séismes et à la structure de la terre.
Nous verrons alors par recoupements, si la tectonique des plaques est utilisée dans des proportions identiques ou pas, pour des phénomènes différents. Dans les deux dernières questions où l'entrée se fait par la tectonique des plaques, nous allons regarder quels sont les phénomènes géologiques que cette théorie permet d'expliquer aux yeux des étudiants. Nous verrons alors, si pour les étudiants, séismes et volcans sont les seuls phénomènes géologiques que la tectonique des plaques explique.

1. Un peu d'histoire

La tectonique des plaques est définie en 1968 et reconnue par la communauté des géophysiciens en 1971 (Roubaud 1992). Pourtant en France, les géologues de tradition naturaliste sont réticents à ce modèle physique. La presse, cependant, utilise cette théorie dès lors qu'il s'agit de commenter l'actualité liée aux séismes. De façon plus large, les médias vulgarisent cette théorie pour la mettre "à toutes les sauces", si bien que sous l'impulsion d'organes de la noosphère, l'APBG et l'Inspection Générale, il est décidé de l'introduire à l'école élémentaire en 1985 **comme modèle explicatif de la répartition des volcans et séismes** à la surface de la terre (Ministère de l'Éducation Nationale (1985)), définissant ainsi un objet à enseigner (Roubaud 1992).

La présence fréquente de cet objet de savoir dans le monde sociétal conduit certains à en faire un objet appartenant à la culture scientifique générale. Ainsi, le rapport du jury analysant le concours d'entrée à l'IUFM d'Aix-Marseille en 1994 où était présenté un sujet portant sur les phénomènes géologiques à l'école élémentaire écrit : " *Le sujet de cette année faisait plus appel à une culture scientifique générale qu'à des connaissances scientifiques très spécialisées, il a ainsi donné des résultats nettement supérieurs à ceux des années précédente* ".

2. Résultats

Sans entrer dans le détail des conceptions, nous voulions savoir si la tectonique des plaques était sollicitée pour expliquer volcans, séismes et structure de la terre. Les conceptions relevées devraient, pour être en adéquation avec l'objet à enseigner, définir une approche globale des phénomènes géologiques et donc, qu'il soit fait **référence à la tectonique des plaques pour chacun des phénomènes concernés.**

2.1 Volcans et tectonique des plaques (réponses à la question 1)

Seuls, 21 sujets font référence à la tectonique des plaques pour expliquer origine et fonctionnement d'un volcan contre 51 qui ne l'évoquent pas.

2.2 Séismes et tectonique des plaques (réponses à la question 2)

Soixante sujets font référence à la tectonique des plaques pour expliquer les séismes. Seuls quatorze sujets ne l'utilisent pas. Cependant, les analyses des réponses montrent que si le terme de tectonique des plaques est largement évoqué, il se résume principalement à des mouvements relatifs entre deux plaques. La tectonique des plaques telle qu'elle est définie par les sujets ne fonctionne pas, dans la grande majorité des réponses, sur un modèle global.

2.3 Structure de la terre et tectonique des plaques

Pour la représentation de la structure de la terre, la tectonique des plaques n'est majoritairement pas évoquée : 52 sujets n'y font pas référence contre 8. Nous retrouvons des chiffres comparables à ceux observés pour les conceptions relatives au volcanisme. Des étudiants nombreux à y avoir fait référence dans le chapitre concernant les séismes, " l'oublient " dans leurs constructions de la structure de la terre.

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

	TDP	La tectonique des plaques est évoquée	La tectonique des plaques n'est pas évoquée
volcans	21	51	5
séismes	60	14	3
structure de la terre	8	52	17

Tableau 1

Ces chiffres montrent que le modèle explicatif "tectonique des plaques" auquel il est fait majoritairement référence pour les séismes, n'est plus utilisé pour les volcans et moins encore pour la structure de la terre. À l'instar des manuels, les phénomènes géologiques apparaissent chez la plupart des étudiants comme disposés en chapitres isolés les uns des autres, puis un chapitre consacré à la tectonique des plaques propose le modèle explicatif des phénomènes.

2.4 Tectonique des plaques et phénomènes géologiques

À la question 4 : Pouvez-vous expliquer ce qu'est la théorie de la tectonique des plaques ? Soixante-sept étudiants proposent des réponses, mais seuls vingt-quatre associent la tectonique des plaques à des phénomènes géologiques. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant (Tableau 2) :

Mouvements des plaques et phénomènes géologiques

Volcans et séismes	1
Séismes	4
Plissements	1
Séismes et plissements	1
Séismes et dérive des continents	2
Séismes et océans	1
Déplacement des plaques	1
Orogenèses	3
Orogenèse et dérive des continents	1
Fissures et mouvements des continents	1
Séismes et orogenèses	1
Orogenèse et arcs insulaires	1
Formation des continents	2
Fonctionnement global	4
	24 réponses

Tableau 2

Le terme de tectonique des plaques est donc connu, mais certainement pas ce qu'il exprime.

Lorsque la question posée demande de mettre en relation tectonique des plaques et phénomènes géologiques (question 5), les résultats suivants sont obtenus (nous avons résumé dans le Tableau 3 les principales associations, parmi les soixante-trois recensées).

La tectonique des plaques explique :	**Nombres de sujets**
Volcans, séismes, formation des montagnes, mouvements des continents, failles.	2
Volcans, séismes, formation des montagnes, mouvements des continents	5
Volcans, séismes, mouvements des continents	3
Volcans, séismes, raz-de-marée	2
Volcans et séismes	3
Séismes, formation des montagnes, extension océanique	2
Séismes, formation des montagnes	2
Formation des montagnes, failles.	2
formation des montagnes	3
mouvements des continents	8

Tableau 3

Nous remarquons en premier lieu que le nombre de réponses relatives aux phénomènes expliqués par la tectonique des plaques est beaucoup plus important que dans le questionnement indirect (question 4). Nous attendions en effet l'explication de phénomènes géologiques dans les réponses à la question précédente. Il est toutefois probable que ce questionnement direct (question 5) a "détourné" des réponses que certains sujets auraient données précédemment. Nous remarquons cependant une similitude entre les phénomènes évoqués en réponses à ces deux questions. Les réponses sont disparates avec trente-neuf associations différentes. **Volcans, séismes, formation des montagnes et mouvements des continents** tout en étant l'association la plus fréquemment citée, ne représente que **cinq réponses**.
Comme nous l'avions constaté en DEA (Roubaud 1992) et dans les paragraphes précédents, **les phénomènes volcaniques sont moins associés que les séismes à la tectonique des plaques**. Nous notons l'importance de la prise en compte de **la formation des montagnes et des mouvements des continents** qui ne sont pas prévus par les instructions officielles de l'école élémentaire. Si l'on isole les phénomènes évoqués des associations proposées, on observe que les phénomènes que la tectonique des plaques permet d'expliquer, selon les étudiants, dans un questionnement direct, sont principalement dans l'ordre décroissant : les séismes (39), la formation des montagnes (36),

le mouvement des continents (32), les volcans (26). Si **Trente-neuf** sujets impliquent la tectonique des plaques pour expliquer les séismes, ils étaient **soixante** à la question portant sur l'origine et le fonctionnement d'un séisme. Le nombre de sujets faisant référence aux volcans reste sensiblement le même (vingt et un contre vingt-six).
Ces résultats renforcent les observations précédentes sur le "**cloisonnement**" des phénomènes géologiques dans l'approche des sujets. Les relations entre les phénomènes géologiques varient en fonction de la question posée, le nombre de sujets faisant référence à la tectonique des plaques est différent selon l'entrée choisie. Les sujets ont donc une vision variable de la tectonique des plaques en fonction du phénomène qui leur est demandé d'expliquer. En ce sens, nous pouvons dire que les conceptions des sujets sur cette théorie, sont **instables** et semblent loin du modèle explicatif prôné par les instructions officielles.

Conclusion sur les résultats

L'une de nos interrogations initiales était de voir comment la tectonique des plaques était prise en compte à partir de questionnements direct ou indirect. **Le terme de tectonique des plaques est connu** par la plupart des sujets, nous l'avons constaté dans les paragraphes relatifs aux séismes (questionnement indirect) et à la tectonique des plaques (questionnement direct). À l'inverse, il est peu fait référence à la tectonique des plaques dans les paragraphes relatifs aux volcans et à la structure de la terre. Nous arrivons à la conclusion que : **la tectonique des plaques n'est pas, pour les sujets, une théorie liant les différents phénomènes géologiques, chacun semblant avoir " sa vie propre "**. Le modèle unificateur de la sphère savante ne fonctionne pas comme tel chez les futurs enseignants de l'école élémentaire, même pour ceux ayant suivi un enseignement scientifique durant leur scolarité secondaire.

Impossibilité de faire des grandes classes de conceptions

Les travaux de C.Orange (1995) sur le volcanisme et le fonctionnement interne de la terre font état de trois grandes classes de conceptions proches de l'évolution historique des savoirs correspondants : conceptions locales, centrales et globales.
Nous plaçant dans la perspective de la construction d'un objet d'enseignement (à partir d'un état des lieux des savoirs mis en jeu

dans les conceptions) **la constitution de telles classes de conceptions nous est apparue impossible à réaliser**. En effet, le regroupement de réponses proches aboutit à la perte d'informations, ce qui méthodologiquement n'est pas satisfaisant. De plus, nous arrivons à la constitution **de classes moyennes, trop générales, et qui finalement ne rendent pas compte de la diversité des logiques exprimées**.
Cette impossibilité d'établir de grandes classes de conceptions va compliquer leur utilisation didactique. Les savoirs relatifs à la tectonique des plaques, mis en jeu par les conceptions d'étudiants de première année d'IUFM, montrent une incompatibilité avec le rapport institutionnel relatif à cet objet de savoir à l'école élémentaire. Loin d'être un modèle intégrateur des phénomènes géologiques étudiés : volcans et séismes, la tectonique des plaques des étudiants s'applique de façon différente à ces deux phénomènes.
L'effet conjugué d'un enseignement, surtout pour les étudiants ayant suivis un cursus scientifique, et d'un objet de savoir fortement médiatisé, ne permet pas aux futurs Professeurs des Écoles de maîtriser les grands concepts de cette discipline permettant son enseignement à l'école élémentaire. L'étude du questionnaire, après les séances de formation, ne montre que peu d'évolution des réponses. Les avancées les plus significatives apparaissent pour le volcanisme et sur des connaissances de type informatif (Roubaud 1999). Aucune évolution significative n'est constatée pour ce qui est des autres phénomènes géologiques. Nous pensons qu'une réflexion doit être engagée dans le sens d'une **prise en compte globale** des phénomènes géologiques dans la formation des professeurs d'école

3. Réflexion sur la formation des Professeurs des Écoles

C.Orange (Orange 1995) dans une étude sur le volcanisme, propose de cibler des ruptures épistémologiques au cours de la scolarité de l'élève et construit un référentiel en termes de conceptions : locale, centrale et globale, la tectonique des plaques étant compatible avec des conceptions de type central ou global. Pour l'auteur, les conceptions des élèves devront relever au lycée du type global, après être "passées" par un type local à l'école élémentaire pour être amenées au type central au collège. Il relève, avec justesse, que la tectonique des plaques n'est pas garante d'une approche globale, en ce sens que le

déplacement général des plaques est en adéquation avec un modèle central, caractérisé par un manteau liquide sur lequel évoluent les plaques. Le modèle global, toujours suivant C.Orange, doit tenir compte du fait que le magma ne se forme pas n'importe où, et qu'il faut tenir compte, dans sa formation, de la température, mais aussi de "la pression lithostatique totale ainsi que de la pression partielle de certains constituants du manteau : l'eau en particulier". C'est la vision longitudinale de l'école élémentaire au lycée qui nous intéresse dans cette approche, même si par ailleurs plusieurs points peuvent être discutés.

La question se pose alors de savoir quels sont les savoirs nécessaires à un professeur des écoles pour enseigner les phénomènes géologiques à l'école élémentaire. Les textes officiels apportent des éléments de réponses.

Le Bulletin officiel n°43 du 24 novembre 1994 fixe les modalités de la formation des futurs professeurs d'école (pour l'époque où l'étude a été réalisée). L'épreuve écrite de biologie et de géologie comporte deux volets : " dans le premier, le candidat traite des questions ou analyse une documentation qui font nécessairement référence **aux contenus enseignés à l'école primaire** dans le domaine choisi ; dans le second, il analyse des documents pédagogiques relatifs à l'enseignement dans ce domaine". Il est plus loin précisé (s'agissant des candidats) : "L'épreuve doit cependant leur permettre de mettre en valeur **une bonne maîtrise des contenus**, c'est-à-dire **une réflexion sur les concepts de la discipline** et une maîtrise des méthodologies permettant l'utilisation de ces contenus disciplinaires au niveau de l'école primaire. C'est à partir de ce cadre officiel national que l'IUFM fixe ses modalités de formation. Pour la formation en Biologie-Géologie (document interne IUFM 1995), il est précisé que "*l'enseignement dispensé aux Professeurs des Écoles 1ère année "est principalement centré sur les compétences à acquérir pour assurer l'enseignement des sciences (Biologie-Géologie) à l'école primaire, préélémentaire et élémentaire. Ces compétences sont de deux ordres :*

- ***maîtrise des grands concepts de la discipline,***
- ***maîtrise de la transposition didactique".***

S'il n'est pas question "de poursuivre une illusoire "mise à niveau" scientifique et technologique" comme le précise le Conseil national des programmes (ministère de l'Éducation Nationale 1992), **l'axe conceptuel en relation avec l'objet de savoir savant** reste, on le voit, une dimension importante, même si l'on pourra toujours s'interroger sur la signification de : "maîtrise des grands concepts de la discipline". Ce même Conseil national des programmes propose aussi de ne pas différencier les disciplines à l'école primaire, et préconise leurs interactions. Ainsi doit-on parler, pour ce qui est de l'enseignement des sciences, de "découverte de la nature et de la technique" jusqu'au CE1, puis d'initiation scientifique et technologique du CE2 à la cinquième. Aussi, il nous semble souhaitable de rapprocher, à l'école élémentaire, l'enseignement sur les reliefs en général et les montagnes en particulier, thèmes dévolus à la géographie, des autres phénomènes géologiques à enseigner : séismes et volcans. Il nous semble en effet que ce cloisonnement disciplinaire, pourrait constituer un obstacle didactique à une approche globale de la tectonique des plaques et des phénomènes géologiques.

Ce n'est donc pas à l'IUFM, dans les formations telles qu'elles sont actuellement proposées, que pourront se résoudre les problèmes mis à jour dans cette étude. La réflexion doit s'étendre de façon longitudinale sur un enseignement de la géologie de l'école maternelle à l'Université, basée non seulement sur des analyses à priori des concepts et des connaissances à enseigner, mais aussi sur **des analyses à partir d'activités réalisées en classes**. Le travail de C. Orange et son concept de "paradigme scolaire" nous semble un point de départ intéressant pour amorcer cette réflexion.

REFERENCES

Chevallard, Y. (1991) : *La transposition didactique,* La pensée sauvage. Grenoble.

Martinand, JL. (1996). Observer _ Agir _ Critiquer l'enseignement des sciences expérimentales à l'école élémentaire. In INRP, *La formation initiale des professeurs des écoles en sciences et technologie. Actes des journées d'études organisées par l'INRP, l'IUFM d'Orléans-Tours, l'IUFM de Versailles, le LIREST de l'ENS de Cachan. Paris, les 27 janvier, 17, Mars et 19 mai 1995.* pp 61-66.

Ministère de l'Éducation Nationale (1985a). École élémentaire, programmes et instructions. CNDP.
Ministère de l'Éducation Nationale /Direction des écoles (1985b). École élémentaire, compléments aux programmes et instructions du 15 mai 1985.
Ministère de l'Éducation Nationale. (1992). *Déclaration du Conseil national des programmes sur l'enseignement des sciences expérimentales.* Bulletin Officiel n°8. 20 février 1992.pp 478-487.
Ministère de l'Éducation Nationale. (1994). *Épreuves d'admission à l'IUFM. Épreuves écrites de biologie et de géologie.* Bulletin Officiel n°43. 24 novembre 1994. pp 3130-3131.
Orange. C. (1995). Volcanisme et fonctionnement interne de la terre : repères didactiques pour un enseignement de l'école élémentaire au lycée. *Représentation et obstacles en géologie.* Aster n°20 (pp 85-103), INRP : Paris.
Roubaud, JL. (1992). *La tectonique des plaques à l'école élémentaire. Étude préalable pour une approche didactique*. Mémoire de DEA Université de Provence Aix-Marseille I.
Roubaud, JL. (1999). Actes des premières rencontres scientifiques de l'ARDIST 26,27,28 octobre 1999 ENS Cachan. *Influence des séances de formation dans un IUFM sur les conceptions relatives au volcanisme d'étudiants de première année.* Association pour la recherche en didactique des sciences et des techniques. Paris. pp 113-118.

"Propositions des modalités d'évaluation des PE2 95-96"IUFM Académie d'AIX-MARSEILLE Année scolaire 1995-1996 PE1--Formation en Biologie-Géologie.
CRDP ; IUFM Aix-Marseille (1994) : "*Concours de recrutement de professeurs des écoles, juin 1994, rapport du jury*".

DES CONCEPTIONS DES APPRENANTS A LA CONSTRUCTION DES PROBLEMES LE CAS DE LA COMMUNICATION NERVEUSE

F. Beorchia

Dans cet article nous nous intéressons à un public d'apprenants constitué d'étudiants de première année de professorat des écoles.

Introduction

Il est maintenant banal d'affirmer que l'enseignement de la biologie ne peut se faire sans prendre en considération un certain nombre d'obstacles (Bachelard 1938) en tant que connaissances ou modes de raisonnement utilisés par les élèves en situation d'apprentissage.
Ainsi la construction des concepts de la physiologie nerveuse se heurte comme dans d'autres domaines de la biologie aux conceptions ou représentations des élèves sous tendues par ces obstacles (Astolfi, Peterfalvi 1997).
Les épistémologies actuelles rationalistes (Bachelard 1938, Popper 1991) nous amènent vers la problématisation ou construction de problèmes comme moyen de construction de savoirs scientifiques et éventuellement de dépassement d'obstacles.
Or il s'avère que la construction de problèmes de communication nerveuse par les étudiants ne va pas de soi et les difficultés rencontrées lors de la mise en place de débats en classe trouvent peut-être leur origine dans les types d'explication utilisés.
En recourant à l'analyse de débats[69] réalisés en classe nous cherchons à mieux cerner les problèmes pouvant être construits en fonction des modes d'explication utilisés.
Cela va nous amener à définir ce que nous entendons par type d'explication dans le cadre de la construction de problèmes.

---

[69]débat au sens de"débat scientifique dans la classe" (Joshua et Dupin 1989) comme mode d'accès à l'argumentation

1. Cadre théorique

Nous nous situons dans un point de vue de construction de problèmes (Fabre 1999) comme moyen d'accès à des savoirs scientifiques.
Les problèmes considérés dans cette étude concernent le domaine de la physiologie nerveuse: il s'agit pour les étudiants d'expliquer un comportement sensori-moteur humain . Leurs conceptions de départ sur ce thème n'ont pas le même statut que les savoirs à construire: lors du travail sur leurs représentations il s'agira de passer d'une opinion ou connaissance non questionnée à un savoir **raisonné** donc scientifique
Ainsi les situations d'apprentissage proposées visent à faire émerger leurs conceptions et au travers des confrontations à engager la construction de problèmes en favorisant:

- la prise de conscience des explications des uns et des autres,
- la prise de conscience des écarts entre ces explications,
- l'accès à des raisons.

Nous allons expliciter ce dernier point
En cherchant à mettre en évidence les controverses au sein de la classe puis en prenant appui sur celles ci au cours du débat scientifique, l'enseignant permet aux élèves de développer leur argumentation sur les explications proposées.
L'explication peut être vue comme une construction qui met en jeu deux registres: un registre empirique, dont les éléments correspondent aux faits, et un registre des modèles, mettant en jeu des modèles explicatifs (Orange 1997) qui cherchent à rendre compte des faits.
Ainsi nous distinguerons dans les débats ce qui relève du registre empirique et ce qui relève du registre du modèle (les deux étant construits) auquel on peut ajouter un registre explicatif (Orange 1997) qui correspond aux références explicatives ou principes d'explication[70] de celui qui propose un modèle
Lors de cette construction, il semble que parmi les différentes propositions relevant soit du registre empirique soit du registre des modèles, certaines sont mises en relation non pas au hasard mais en

[70] Canguilhem parle de "termes de référence des comparaisons explicatives" (1955 p64) et de" principes d'explication" (1955 p85)

fonction en particulier des principes d'explication adoptés explicitement ou implicitement. Cette mise en relation constitue ce que nous appellerons l'accès à des raisons:
Certaines contraintes empiriques signifiantes (faits retenus comme significatifs) s'articulent avec des nécessités portant sur les modèles (conditions de possibilité) dans un cadre explicatif particulier. Les faits retenus sont fortement dépendants des problèmes que l'on se pose et des principes explicatifs que l'on utilise.
Un détour par l'analyse des problèmes construits par les scientifiques à différentes époques en ce qui concerne la communication nerveuse nous a été nécessaire pour mieux cerner l'importance du cadre explicatif choisi et pointer certains critères de repérage de ces principes explicatifs et des raisons dans le discours des élèves.

2. Elaboration du concept de réflexe: Quels principes explicatifs ?

L'étude épistémologique du concept de réflexe (Canguilhem 1955) nous a amenés à explorer les différentes problématiques des scientifiques lors de sa construction.
D'après Canguilhem, le passage de la conception mécaniste cartésienne à la conception actuelle s'est faite grâce à un détour par le vitalisme. L'élaboration du concept de réflexe s'est donc faite au cours de changements de problématiques en relation avec des cadres explicatifs différents (mécaniste, vitaliste, physico-chimique, cybernétique). Nous n'envisagerons ici que deux de ces principes - mécaniste et vitaliste- comme représentatifs de ceux utilisés par les étudiants.

2.1 Problématique mécaniste (cartésienne)

Descartes cherche à expliquer les mouvements involontaires, c'est à dire la dépendance forcée de mouvements par rapport à d'autres mouvements ou à certaines excitations sensorielles.
L'explication qui prévaut alors est celle de la doctrine des sympathies dans laquelle ce mouvement obligatoire est expliqué par des connexions immatérielles entre parties d'un même organisme. Or sa position rationnelle l'amène à considérer l'organisme comme une

machine et donc à rechercher des mécanismes pour expliquer le fonctionnement sensori-moteur. Sa référence explicative est donc mécaniste ce qui va conditionner d'une part les faits qu'il va retenir comme significatifs et d'autre part les problèmes qu'il va essayer de construire et résoudre.
Considérons le modèle de fonctionnement choisi par Descartes pour expliquer un mouvement involontaire déterminé par une excitation sensorielle:
L'excitation sensorielle consiste en une traction immédiate et intégrale de la fibre nerveuse, ce qui entraîne au niveau du cerveau l'ouverture de pores . Par l'intermédiaire de ces derniers, les esprits animaux s'écoulent alors dans les nerfs jusqu'aux muscles dont ils provoquent le gonflement.[71]
Pour élaborer ce modèle, Descartes s'appuie sur des faits d'observation ou d'expérience (les mouvement involontaires, les liaisons entre nerfs et cerveau d'une part et entre nerf et muscles d'autre part, le gonflement des muscles lors du mouvement, la structure du nerf comme tuyau contenant les esprits animaux mais aussi comportant des fibres, le cerveau comme source des esprits animaux), en utilisant son principe d'explication, le mécanisme (l'organisme est une machine fonctionnant avec les principes de l'époque, c'est à dire, par poussées, tractions, chocs).

Les problèmes qu'il résout sont donc essentiellement:

- celui de la transmission "d'information" par traction des fibres jusqu'au cerveau puis du cerveau jusqu'aux muscles par transport des esprits animaux.
- celui de la disposition des organes qui conditionne cette transmission sans perte (possible uniquement par contact). Les nerfs assurent la liaison solide entre organe des sens et cerveau en tant que faisceau de cordons et la liaison entre cerveau et muscles en tant que tuyaux contenant les esprits animaux
- celui de l'unité de l'organisme à la fois sensible et mobile, un seul principe de commande et de contrôle de tous les mouvements, le cerveau à l'origine des esprits animaux.

[71] d'après Canguilhem 1955

Ainsi ce modèle de fonctionnement répond à certaines nécessités (de transmission, de disposition des organes, d'unité) conditionnées à la fois par les faits retenus et le principe d'explication choisi.

2.2 Problématique vitaliste

Il s'agit là d'un autre registre explicatif. Ainsi le mode d'explication utilisé par les vitalistes consiste à attribuer aux structures du vivant des propriétés particulières telles que l'irritabilité, l'excitabilité, l'existence de la force nerveuse, alors que pour les mécanistes comme Descartes les nerfs sont passifs subissant tractions et chocs ou contenant les esprits animaux comme des tuyaux

Les mouvement involontaires étudiés par Descartes étaient ceux observés dans l'espèce humaine et chez quelques animaux mais sans référence à de quelconques expérimentations. Les expérimentations sur les animaux à sang froid et la comparaison anatomique des éléments nerveux sont, au contraire, les faits significatifs retenus dans la problématique vitaliste
l'observation de fœtus acéphales et d'animaux sans cerveau sont également déterminants.
il ne s'agit plus de comprendre comment un centre moteur peut permettre le mouvement grâce à un système de courroies et de tuyaux mais dans quelles conditions la force nerveuse peut permettre ce mouvement.

Le fonctionnement nerveux est alors expliqué à l'aide du modèle suivant:
l'application d'un stimulus fait agir la force nerveuse; elle est variable en intensité sous l'influence du stimulus selon différents facteurs. L'impression sensitive qui en résulte est réfléchie et transformée en impression motrice au niveau de la moelle épinière. Cette réflexion obéit aux lois physiques mais aussi à une loi biologique de conservation du vivant.

Les faits retenus (mouvements d' animaux décapités ou de fœtus acéphales, différence entre stimulus et impressions sensitives ou motrice) sont mis en relation avec des nécessités de transformation à

deux niveaux, lors de l'application du stimulus, lors de la réflexion au niveau du centre nerveux. En effet du fait du principe explicatif choisi (la force nerveuse, propriété commune à toutes les structures nerveuses, loi de conservation du vivant) les problème résolus par le modèle sont :

- celui de la transformation: la nature du stimulus externe appliqué est variable alors que la force nerveuse est identique dans tout le système nerveux; les transformations de "signaux" doivent donc se faire.
- celui des connexions entre nerf sensitif et nerf moteur au niveau de la moelle épinière
- celui de la décentralisation des fonctions de sensibilité et de motricité: ce n'est plus le cerveau seul qui est en jeu mais l'ensemble du système nerveux.

Ainsi dans un cadre explicatif mécaniste les problèmes construits sont des problèmes de **transmission**, de **disposition des organes**, de **centralisme**, tandis que dans une problématique vitaliste, il s'agit plutôt de **transformation**, de **connexions non centrales**, de **décentralisation.**

3. Etude d'un cas de débat problèmatisant

A l'aide des critères dégagés précédemment, nous pouvons repérer les types d'explication et raisons utilisés par les étudiants dans des débats en classe.
Nous nous appuyons sur des données recueillies auprès d'étudiants de première année de formation de professeur des écoles (public hétérogène par le cursus). Ces données comportent des productions écrites individuelles et de petits groupes et des productions orales (retranscriptions de débats avec un groupe classe). Elles ont été recueillies dans le cadre du dispositif suivant
le dispositif problème[72] et les types d'explications avant le débat

[72] nous utilisons cette expression plutôt que celle de situation problème qui renvoie plutôt à dépassement d'obstacles; or nos objectifs sont plutôt de permettre aux étudiants de passer d'une opinion à un savoir raisonné et le fonctionnement du

La séquence d'enseignement s'est déroulée sur deux séances de 3 heures chacune avec les étapes suivantes :

1. Un dispositif problème leur a été proposé :
« Vous vous piquez le doigt avec un objet pointu. »
Question de signification : *Que se passe-t-il ?*
La réponse "on retire le doigt" a été retenue comme contrainte.
La question de fonctionnement a alors été posée individuellement et par écrit :
Expliquez ce qui se passe dans votre organisme, depuis la piqûre jusqu'au retrait du doigt. Expliquez en utilisant texte et schémas. (durée : 20mn)
Le groupe classe comprenait 29 étudiants d'origines universitaires très variées.

2. Des petits groupes de 4 ou 5 étudiants ont ensuite été constitués (homogènes par rapport au cursus scolaire et universitaire).
La consigne était presque la même :
Par un ou des schémas annotés, légendés et commentés dites ce qui se passe dans votre organisme de la piqûre au retrait du doigt.
Faire apparaître les organes impliqués et le fonctionnement de ces organes.
avec en plus la nécessité d'aboutir à la production d'une affiche commune au groupe donc élaborée à la suite de discussions dans le groupe.

3. Chaque petit groupe est venu exposer son affiche la commenter et a été soumis aux questions de l'enseignant et des autres étudiants. L'exposé des différents groupes et le débat du groupe classe ont été retranscrits.
L'analyse des productions individuelles (en utilisant la grille d'analyse construite dans le mémoire de DEA) permet de caractériser deux grandes conceptions présentes chez les étudiants

---

débat vise la construction de problèmes et par conséquent de raisons (Orange 2000)

- La conception "physiologique classique", d'inspiration mécaniste

La stimulation (piqûre, douleur) qui se transmet par les nerfs jusqu'au cerveau n'a qu'un rôle déclencheur de la réaction ou réponse du cerveau.

Les termes utilisés pour désigner la transmission centripète (message, douleur, information, vibration) et la transmission centrifuge (réponse, ordre, réaction) sont différents.

La transmission est passive, seul le cerveau est actif.

Il n'y a pas de fonction commune aux nerfs et fibres nerveuses; ils ne sont que des éléments de transmission.

On retrouve là certains des critères présentés dans le paragraphe précédent, tels que transmission, centralisme caractéristiques d'une explication de type mécaniste.

- La conception "électrophysiologique", d'inspiration vitaliste

Le tissu nerveux dans son ensemble est excitable et susceptible d'engendrer un "influx nerveux" à la suite de la stimulation.

Les termes utilisés pour désigner la conduction centripète et la conduction centrifuge sont les mêmes.

La conduction est active; elle concerne l'ensemble des structures nerveuses

Il existe une fonction commune aux nerfs, fibres ou terminaisons nerveuses celle de produire et conduire l'"influx nerveux".

Dans ce cas, le rapprochement avec une explication de type vitaliste est moins évidente présente seulement dans la reconnaissance d'une fonction commune aux structures nerveuses.

La répartition des étudiants dans ces conceptions se fait de la façon suivante:

	productions individuelles	productions de groupe (en chiffres romains)
conception physiologique classique	23	I,II,IV soit 14 étudiants
conception électrophysiologique	6	V,VI soit 10 étudiants

Le groupe III n'est pas classé car sa production présente des caractères appartenant aux deux conceptions (termes identiques pour la transmission centripète et centrifuge, mais aussi centralisme cérébral)

La majorité des productions individuelles se situe dans une conception physiologique classique donc utilisant un type d'explication autour des problèmes de transmission et de continuité des structures; Un petit nombre raisonne de façon différente en adoptant une position plus vitaliste puisque basée sur l'existence de propriétés d'excitabilité, de production d'influx nerveux par l'ensemble du système nerveux.

L'analyse du débat va aider à préciser les types d'explications utilisés et les raisons construites.
Analyse d'éléments du débat : repérage des raisons et types d'explications
Pour dégager les raisons , nous recherchons les faits significatifs mis en relations avec des nécessités du registre des modèles.
Dans les diverses propositions et questions émises lors du débat, certaines peuvent être classées du coté du registre empirique RE (les faits), d'autres relevant du registre du modèle RM (tout ce qui concerne ici le fonctionnement interne) enfin celles qui articulent les deux RE-RM.

Premier exemple:

Dans les différents exposés des 6 groupes, nous allons tenter de repérer les propositions appartenant au registre empirique puis les comparer afin de retenir éventuellement celles qui pourraient

constituer une contrainte empirique (référence au registre empirique commune à la classe)

Int GI: C'est le doigt qui va recevoir l'information; je vais retirer mon doigt après avoir reçu cette information RE
int GII:il y a deux opérations entre le moment où on se pique et le moment où on retire son doigt Pour nous la piqûre c'est le stimulus agit sur la peau RE
Int GIII:le point de départ la piqûre. La piqûre c'est un stimulus RE
Int GIV:Donc qui dit piqûre RE
Int GV: Donc la première chose c'est la piqûre au doigt RE
Int GVI: donc ce qui se passe entre la piqûre du doigt et le retrait du doigt RE

Même si les termes employés sont différents tous les groupes s'appuient bien sur une même donnée empirique comme élément de départ à l'origine de l'ensemble du comportement considéré. On pourrait donc la considérer comme contrainte empirique signifiante pour tous les étudiants.
Etudions maintenant les explications apportées par chaque groupe appartenant maintenant au registre des modèles RM ou articulant registre empirique et registre des modèles RE -RM

Int GI: L'émetteur va envoyer l'information au niveau du cerveau, l'avertir qu'il a mal qu'il souffre……
comme une sorte de décharge électrique RM
Int GII il y a un nerf qui va porter l'information de la peau au cerveau; c'est un message nerveux donc qui circule le long du nerf il va y avoir une excitation, une sorte de vibration, quelque chose comme ça RE-RM.
Int GIII: On se pique donc on s'est dit qu'il y a quelque chose au niveau de la peau qui doit transmettre une douleur, donc on pense qu'il y a des capteurs sensoriels au niveau de la peau. Donc il va y avoir déplacement de l'information de la douleur par un réseau de fibres nerveuses nous on l'a appelé l'influx nerveux RE-RM ;

Int GIV: dit émission d'un courant électrique, d'une onde, vibration ligne téléphonique décharge électrique. On a appelé cette décharge électrique influx nerveux et cet influx nerveux passe par le nerf RM.
Int GV: avec au niveau du doigt, ça peut être partout, dans l'épiderme sous l'épiderme, des terminaisons sensorielles qui vont tout de suite être stimulées par la piqûre; la piqûre elle se traduit comment au niveau du nerf ? C'est une dépolarisation, parce que chaque nerf à l'état normal a une charge électrique au repos a une charge électrique et le fait de stimuler une terminaison sensorielle ou pas va entraîner une dépolarisation, c'est-à-dire un passage d'une charge positive à une charge négative RE-RM.
Int GVI: Ta cellule nerveuse elle porte au repos même sans excitation une charge électrique qui est négative ; il y a toujours une charge électrique c'est toujours électrique, c'est jamais électriquement neutre et dès que tu stimules ta cellule nerveuse, lorsque la cellule nerveuse , dès que tu stimules ton récepteur, en fait au niveau du nerf ça doit modifier le potentiel de ta cellule et donc RM
La piqûre se traduit pour les étudiants par des conséquences très diverses:

- vibration
- décharge électrique
- influx nerveux comme déplacement de l'information
- influx nerveux comme décharge électrique
- dépolarisation comme passage d'une charge positive à une charge négative
- modification du potentiel de la cellule nerveuse

Donc les étudiants s'appuient bien sur les mêmes données empiriques de départ mais expliquent le fonctionnement interne de manière différente:
S'agit-il de termes différents pour désigner des événements semblables ou s'agit-il de types d'explication fondamentalement différents?
La recherche dans les retranscriptions de débats de propositions relevant d'une analyse critique de fonctionnement des modèles par les étudiants nous apporte des éléments supplémentaires:

Int GVI .Le fait que ton potentiel prenne un potentiel de repos qui est à un certain niveau. Tu passes du potentiel de repos à un potentiel

d'action quand il y a eu stimulation et en fait le passage des deux ça se fait par une entrée de certains ions et une sortie de certains ions et ça te change en fait les charges de chaque coté de la cellule RE-RM
Int GIV. Et sinon pour la différence de potentiel, c'est l'aiguille qui apporte quelque chose ou c'est simplement ça stimule ; le stimulus ça se traduit par la différence de potentiel, c'est l'aiguille ou enfin. Est-ce que l'aiguille apporte une charge dans le doigt ?RM

La proposition du groupe VI se situe dans un registre explicatif vitaliste au sens où l'influx nerveux est une propriété commune aux structures nerveuses (mais expliqué comme un changement d'activité électrique de la cellule nerveuse par des transferts d'ions, changement dont le déclenchement peut être provoqué par un stimulus externe).
La proposition du groupe IV articule un élément du registre empirique (*l'aiguille)* et un élément du registre des modèles (*ça se traduit par la différence de potentiel)* puis formule une question porteuse d'un problème:

- la piqûre apporte l'énergie responsable du changement électrique*, c'est l'aiguille qui apporte quelque chose*
- la piqûre est seulement un déclencheur du changement électrique *c'est simplement ça stimule*

Donc ou bien le stimulus par contact direct est à l'origine du changement: dans ce cas, le registre explicatif utilisé est plutôt mécaniste cartésien et on a une nécessité de **transmission et un registre explicatif mécaniste**
ou bien on a seulement une variation d'une énergie interne sous l'effet d'un stimulus externe: dans ce second cas il semble plutôt se rattacher à une explication vitaliste et on a une nécessité de **transformation** qui émerge et **un registre explicatif vitaliste**.
Une autre intervention d'un étudiant du groupe IV conforte cette interprétation

1. Int GIV: Il y aurait une décharge ; on a pensé à l'électricité RM
2. Enseignante : oui mais alors c'est quoi cette électricité ?RM
3. Int GIV: Justement on se demandait par quoi se matérialisait l'influx nerveux , on ne savait pas trop. Vu la rapidité on pense que c'est une petite décharge. RE-RM

4. Int GIV: C'est peut-être la piqûre elle-même qui donne de l'énergie au nerf. Par rapport à la force de la piqûre il y a plus d'énergie. RE-RM

Il s'agit bien encore dans ce cas d'un problème de transmission et non d'un problème de transformation qui est en jeu dans cet échange entre intervenants du groupe IV et enseignant. Les étudiants de ce groupe utilisent donc un **type d'explication mécaniste et non vitaliste.**

Second exemple:

Il porte sur le rôle des centres nerveux, cerveau et moelle épinière.
L'analyse des productions individuelles et de petits groupes indique une survalorisation du cerveau, seule partie active du système nerveux pour la plupart des groupes sauf pour les groupes V et surtout VI
Int GI: le cerveau transmet l'ordre RM
Int GII: le cerveau analyse et élabore une réponse RM
Int GIII: Dans le cerveau l'information est traitée par les neurones. Le cerveau va donner sa réponse RM
Int GIV: (dans le cerveau) Tout d'abord la réception de l'influx nerveux ensuite l'analyse de l'information puis l'émission d'un ordre qu'on va donner au muscle RM
Int GV: Vers la colonne vertébrale (dans laquelle on a la moelle épinière), c'est la première zone de centralisation des messages……Ca arrive au cerveau.. il y a un réseau de neurones……..vers le cerveau où tout est centralisé où la décision est prise. RE-RM
Int GVI:Dans le système nerveux il y a le cerveau mais aussi la moelle épinière et en fait pour le réflexe on s'est aperçus qu'il y a uniquement la moelle épinière qui intervient dans le réflexe……. Comment on s'en est aperçus: on a fait une coupure entre le cerveau et la moelle épinière; et dans ce cas là on a fait une stimulation et on s'est aperçu que malgré la rupture l'animal retirait quand même son doigt. RE-RM

Ainsi le cerveau est centre de commande, centre d'analyse ou de traitement et constitue un passage obligé pour les groupes I, II, III, et IV ce qui renforce l'idée pour les groupes I, II et IV d'un type d'explication mécaniste, le centralisme cérébral constituant une des caractéristiques de la problématique cartésienne.

Le groupe V s'appuie sur ses connaissances anatomiques (RE) pour expliquer le trajet suivi par les messages nerveux mais ne fait pas intervenir la moelle épinière comme centre de traitement; en revanche le groupe VI s'appuie sur les faits expérimentaux de section (RE) qui ont constitué des contraintes empiriques lors de l'élaboration de la problématique vitaliste. le groupe VI est bien dans un registre explicatif vitaliste tel que nous l'avons défini précédemment.

Conclusions provisoires

L'étude exploratoire présentée indique que dans la situation analysée cohabitent plusieurs types d'explications et qu'il est donc difficile d'organiser de véritables débats autour de ce thème en présence d'un public très hétérogène (scientifiques et non scientifiques par exemple). En effet comme nous le disions dans l'introduction, le débat scientifique en classe doit pouvoir constituer une aide à la problématisation, c'est à dire un moyen de construire des problèmes donc des savoirs scientifiques: les résultats dont il est question ici indiquent qu'à plusieurs reprises des propositions problématisantes ont été formulées qui révèlent l'existence dans le groupe de deux registres explicatifs différents, peut-être à l'origine des difficultés rencontrées.
Cela ne veut pas dire qu'il faut abandonner toute idée de débat sur ce thème mais au contraire considérer que l'existence de registres explicatifs différents parmi les élèves est fréquente et nécessite d'en tenir compte dans les situations proposées et dans la gestion des débats. La réflexion engagée devra donc se poursuivre pour identifier en particulier les contraintes empiriques à fixer pour permettre un débat problématisant pour tous dans un registre explicatif commun.

REFERENCES

ASTOLFI J.-P.& PETERFALVI B.(1997).Stratégie de travail des obstacles: dispositif et ressorts. *ASTER*, 25, pp. 193-216
BACHELARD G (1938), *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1989
CANGUILHEM G, *La formation du concept de réflexe,* Paris, PUF, 1955

FABRE Michel, *Situations problèmes et savoirs scolaires*, Paris, PUF, 1999

JOSHUA S. et DUPIN J.-J. *Représentations et modélisations: le "débat scientifique" dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne, Peter Lang, 1989

ORANGE C*, Idées et raisons. Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en Sciences de la vie et de la terre,* mémoire de recherche HDR, Université de Nantes, décembre 2000,

ORANGE C*, Problèmes et modélisation en biologie, quels apprentissages pour le lycée*, paris, PUF, 1997

POPPER K. (1991). *La connaissance objective,* Paris, Flammarion, "Champs" (éd.originale,1972)

TRANSFORMATIONS REVERSIBLES ET IRREVERSIBLES, DIFFICULTES DES ETUDIANTS

Chantal Duprez
- Université des Sciences et Technologies de Lille
UFR de Physique, 59655 Villeneuve d'Ascq
- Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques
Université Denis Diderot (Paris 7)

Martine Méheut
- IUFM de Créteil
- Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques
Université Denis Diderot (Paris 7)
case 7086, 2 place Jussieu, 75251 Paris Cedex 5

Introduction

Le travail présenté ici constitue une étape d'un projet de développement de situations d'enseignement - apprentissage de la thermodynamique à l'université.

La thermodynamique est considérée par les étudiants comme un domaine de la physique particulièrement difficile et abstrait. On peut voir à cela différentes raisons : la relative faiblesse des aspects perceptifs (particulièrement visuels), la faible utilisation de représentations iconiques et de schémas et un enseignement souvent très formel, dont la signification par rapport à des problèmes de la vie quotidienne apparaît peu.

De nombreuses études ont mis en évidence des difficultés dans la séparation des concepts de chaleur et de température, chez de jeunes élèves (Tiberghien 1985) ou chez les adolescents (Kesidou & Duit 1993). D'autres études montrent que là où plusieurs éléments doivent intervenir dans le raisonnement, les étudiants ont tendance à se centrer

sur un objet unique, à ne raisonner que sur une variable à la fois (Rozier 1988). Ils privilégient dans les raisonnements les variables les plus accessibles au sens commun. Ainsi, par exemple, les élèves ne retiennent-ils de l'entropie que ce qui se rattache aux variables spatiales (Brosseau & Viard 1992, Grea & Viard 1994).

Il s'agit ici de caractériser quelques difficultés que rencontrent les étudiants dans la compréhension des transformations réversibles et irréversibles. Dans une perspective constructiviste, cette connaissance des modes de raisonnement des étudiants apparaît en effet comme un élément indispensable dans le travail de reconstruction didactique (Kattmann et *al.* 1995) des objectifs et contenus d'enseignement.

1. Thème de l'étude

L'analyse des erreurs des étudiants et de premiers entretiens exploratoires nous ont amenées à étudier plus précisément les raisonnements associés à la notion de réversibilité (quelle définition les étudiants donnent-ils de la réversibilité d'une transformation ? sur quels indices s'appuient-ils pour décider si une transformation est, ou non, réversible ?). Lorsque la situation étudiée comporte une ou des sources, nous avons mis en évidence des difficultés spécifiques liées à la notion de source, difficultés qui conduisent à des erreurs dans la reconnaissance de la réversibilité ou l'irréversibilité de la transformation. Ce sont ces difficultés liées au concept de source que nous présentons dans cette communication.

Une « source de chaleur » (encore dénommée selon les auteurs « thermostat », « source », « réservoir de chaleur », « réservoir thermique »…) est un système de très grandes dimensions et donc de très grande capacité thermique qui, lors d'une interaction avec un système (noté _) de dimensions (donc de capacité thermique) beaucoup plus faibles, échangera de l'énergie par transfert thermique avec ce système tout en subissant une variation infime de sa température que l'on considère alors comme constante : « Un thermostat est un dispositif qui évolue à température constante T_0, quel que soit le système avec lequel il est en contact thermique » (Brebec et *al.* 1995). Le concept de source est intéressant car il ne

nécessite pas une connaissance détaillée des caractéristiques de la source (pression, volume, etc) ; seule la température doit être spécifiée.

Les questions utilisées pour tester les représentations des étudiants sur le concept de source, font intervenir des sources mises en contact avec un système _ de température différente. Il se produit un transfert thermique depuis le système ayant la température la plus élevée vers le système ayant la température la plus basse. La transformation réversible ne peut être envisagée que comme cas limite de la transformation irréversible lorsque la différence, cause de la transformation, ici la différence des températures, tend vers zéro.

2. Caractéristiques de la population

La population étudiée est formée d'étudiants qui ont un diplôme de physique de niveau minimum Bac+3 et se destinent à devenir enseignants (préparation CAPES). Une étude préalable a comporté dix entretiens semi-directifs auprès d'étudiants d'un même IUFM et des questionnaires posés à des étudiants de DEUG et de licence. A partir des résultats obtenus, des questions ont été mises au point et réparties en trois questionnaires. Ces questionnaires ont été proposés dans cinq IUFM ; ils ont été répartis de manière aléatoire entre les étudiants d'un même IUFM. Il est donc possible de considérer que les différentes questions ont été posées à des groupes équivalents. L'effectif est d'environ 130 étudiants, soit plus de quarante étudiants pour chaque question. Les questionnaires ont été passés avant l'enseignement de la thermodynamique (en préparation CAPES).

3. Résultats

Les entretiens exploratoires nous ont conduites à l'hypothèse que, dans les situations où un système _ de dimensions finies est mis en contact avec une source de chaleur, les étudiants ont bien intégré que la température de la source est constante mais ne tiennent pas compte de la variation d'énergie de la source. Pour confirmer cette hypothèse, plusieurs questions ont été élaborées ; dans une première question (A), il est demandé explicitement si l'énergie interne de la source varie.

Trois autres questions ont pour base une situation identique où un système _ (un cube de faibles dimensions) est mis en contact avec une source chaude puis ramené à son état initial par contact avec une source froide. Dans ces transformations, il y a transfert irréversible d'énergie de la source chaude vers la source froide par l'intermédiaire du système _. Dans une première forme de question (B), il est demandé explicitement si les sources ont changé. Les énoncés des deux autres questions comportent des erreurs manifestes du point de vue du « physicien » avec un raisonnement de type local, où l'attention est portée sur le système _ sans prise en compte des sources.

1) Question explicite sur la variation d'énergie de la source (Question A)

Un cube de masse m=10 g est initialement à la température t_1= 20°C. Il est placé dans un récipient contenant 1000L d'eau à la température t_2= 80°C. La quantité d'eau étant très importante, on peut considérer que l'eau est une source (le mot source est synonyme des termes « source de chaleur », « thermostat » ou « réservoir de chaleur »). Le cube prend la température de 80°C.
Indiquer ci-dessous si les grandeurs caractérisant l'état de la source ont varié au cours de la transformation. Vous justifierez chacune de vos réponses.

* La température de la source a varié
oui ❑ non ❑ ne sais pas ❑
Justifiez

* L'énergie interne de la source a varié
oui ❑ non ❑ ne sais pas ❑
Justifiez

* 79% répondent de manière correcte que la température est constante,
- soit par définition (38%)[73]

[73] Les pourcentages qui sont donnés dans l'ensemble de cette communication sont calculés par rapport au total des étudiants à qui la question a été posée.

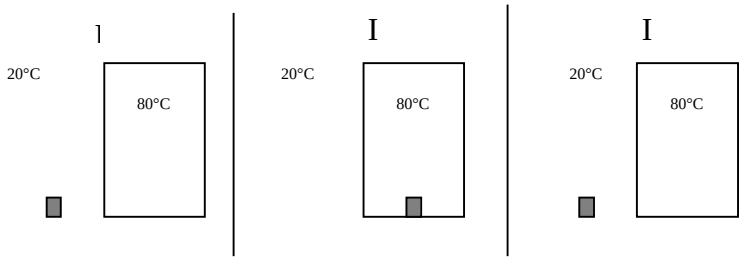
- soit en raison des dimensions très différentes (17%) entre la source et le système de dimensions finies en interaction avec la source.
* 17% répondent en contradiction avec la définition d'une source que la température a varié
* 5% ne répondent pas.

Les résultats sont moins bons en ce qui concerne l'énergie :
* 48% répondent de façon correcte que l'énergie a varié,
- 19 % précisant qu'il y a échange de chaleur.
* 29% répondent que l'énergie de la source n'a pas varié,
- 10% précisant que la température est constante.
* 24% ne répondent pas.

2) Question sur le changement d'état d'une source (Question B)

Dans cette question, il est demandé si l'état de la source a changé, sans que soit précisée la nature du changement.

Soit la transformation irréversible suivante : Un cube de masse m = 100 g est en contact avec une source à 20°C (situation I). On prend le cube et on le place en contact avec une source à 80°C. On attend que le cube atteigne la température de 80°C (situation II). On enlève le cube et on le replace en contact avec la source à 20°C. Le cube reprend la température de 20°C (situation III).



L'état de la source chaude a changé entre les situations I et III

oui ❑ non ❑ je ne sais pas ❑

Si vous répondez oui, précisez le ou les changements qui sont intervenus pour la source.
En cas de réponse négative, justifiez

L'état de la source froide a changé entre les situations I et III

oui ❑ non ❑ je ne sais pas ❑

Si vous répondez oui, précisez le ou les changements qui sont intervenus pour la source.
En cas de réponse négative, justifiez

* La moitié des étudiants (48%) affirment que les sources ne changent pas d'état.

- L'argument majoritaire est que la température est constante (36%),

- Quelques uns (16%) précisent qu'il y a échange de chaleur avec le cube, c'est-à-dire que, pour eux, l'échange de chaleur ne modifie pas l'état de la source « *elle n'est pas affectée par l'apport de chaleur du cube* ». Les changements sont négligeables « *on considère que la quantité de chaleur qu'elle cède est négligeable et ne modifie donc pas sa température* ».

Dans un questionnaire similaire posé à des étudiants de DEUG et de licence, nous avions déjà constaté que certains étudiants parlent d'échange d'énergie ou d'échange de chaleur mais ne considèrent pas qu'il y a un changement pour la source. L'argumentation de certains étudiants permet d'en inférer les raisons. Un étudiant qui a considéré que la source ne subit pas de changement justifie sa réponse de la façon suivante : « *l'énoncé nous dit que la température du cube s'élève à T_2 qui est la température de la source donc on peut négliger l'échange de chaleur car pour que le cube arrive à T_2 il faut que la source reste elle-même à T_2* ». Un autre étudiant qui a coché les deux cases oui et non, précise pour sa réponse positive :

- « *j'hésite à dire oui car si la température du cube augmente, c'est qu'il y a eu un échange avec la source,* »

et pour sa réponse négative :

- « *si la température du cube s'élève à T_2, c'est que la source est restée à la température T_2* ».

Ces phrases nous permettent de comprendre les difficultés de certains étudiants. Peut-être est-il incompatible pour eux d'avoir à la fois une température constante et un échange de chaleur de la source avec un autre système. S'il y avait échange de chaleur, la température de la source en serait modifiée. Nous retrouvons à propos du concept de source le raisonnement fréquemment rencontré où les étudiants associent fortement échange de chaleur et variation de température.

* Un étudiant sur quatre (23%) répond correctement que l'état de la source a changé,

- La moitié (11%) d'entre eux, le justifient de manière incorrecte par un changement de température de la source « *la source froide n'est plus à 20°C car on y a plongé un cube dont la température initiale était de 80°C* » c'est-à-dire proposent des arguments contradictoires avec la définition même d'une source rappelée précédemment.
- Le pourcentage d'argumentation correcte se situe entre 5 et 11%. En effet, seuls deux étudiants ont des justifications que nous pouvons juger comme correctes ; un seul étudiant ayant une réponse complète : « *La source chaude a cédé de l'énergie par transfert thermique au cube, mais sa température est restée constante* », et le second précisant que la source fournit de l'énergie. D'autres étudiants parlent d'échange de chaleur mais il est difficile d'en déduire avec certitude qu'ils associent cet échange de chaleur à une variation d'énergie de la source, d'autant que certains étudiants qui répondent que la source n'a pas changé, signalent aussi les échanges de chaleur. En conclusion, le pourcentage d'argumentation correcte est très faible et représente au plus un étudiant sur 10.

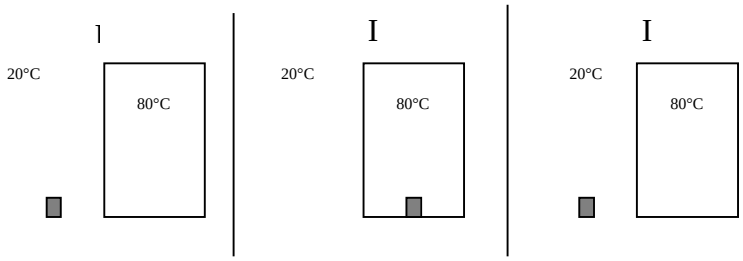
* 20% ne se prononcent pas.

* 9% des étudiants répondent à propos d'une des sources qu'elle a changé tout en considérant que l'autre source n'est pas modifiée.

3) Questionnement indirect sur le changement d'une source (questions C et D)

Les réponses à la question précédente mettent en évidence un manque d'attention portée à la modification de l'énergie de la source. Il paraît intéressant de vérifier si les étudiants peuvent mobiliser cette connaissance dans des situations où ne pas le faire conduit à des erreurs manifestes. Deux questions ont été élaborées dans ce but reprenant la situation irréversible de la question B où le système _ (le cube) est ramené à son état initial. Une transformation est irréversible s'il est impossible de trouver une ou des transformations remettant l'univers dans son état initial. Dans la question C, il est proposé un raisonnement basé uniquement sur le retour à l'état initial du cube sans tenir compte des sources. Il est alors affirmé de manière incorrecte que la transformation est réversible (alors que la transformation, produite par la différence de températures entre la source et le cube, est irréversible). Pour arriver à une conclusion correcte, il faut faire intervenir la modification des sources. Dans la question D, une phrase énonce un résultat en contradiction avec le concept de transformation irréversible : en effet, lorsqu'une transformation irréversible a été opérée, il est impossible de retrouver l'état antérieur du système _ et de l'environnement.

a) Question C
Un cube de masse m = 100 g est en contact avec une source à 20°C (situation I). On prend le cube et on le place en contact avec une source à 80°C. On attend que le cube atteigne la température de 80°C (situation II). On enlève le cube et on le replace en contact avec la source à 20°C. Le cube reprend la température de 20°C (situation III). La transformation est-elle réversible?



Un étudiant propose comme réponse : "Le cube retourne à son état initial, la transformation est donc réversible". Etes-vous d'accord avec cette réponse?

oui ❑ non ❑ ne sais pas ❑

Si vous répondez oui, argumentez votre réponse de façon précise :

Si vous répondez non, argumentez votre réponse de façon précise et répondez à la question : y a t il des différences entre les situations I et III? Lesquelles?

* 48% répondent de façon correcte que la transformation est irréversible mais ne portent pas en fait leur attention sur les changements d'énergie des sources. En effet, à la question sur les différences entre les situations I et III,

- 16% répondent que les situations I et III sont identiques, c'est-à-dire répondent de façon contradictoire que la transformation est irréversible tout en considérant que l'état initial et l'état final du système isolé {cube-sources} sont identiques.

- 13% ont des arguments divers qui ne concernent pas les changements des sources.

- Seuls 9% des étudiants argumentent à partir du transfert irréversible d'un corps chaud vers un corps froid : « *le cube à 80°C se refroidit en cédant de l'énergie thermique à la source à 20°C…cette énergie cédée ne peut revenir spontanément dans le cube* ».

- 7% imaginent des modifications du cube « *si le cube passe par un changement d'état, le cube a pu se déformer , la surface de contact dans la situation III peut être plus grande que dans la situation I et le temps pour revenir à l'équilibre peut être plus petit* », « *s'il s'est liquéfié entre les situations I et III il aura changé de forme* ». Des étudiants de licence répondant à une question analogue ont argumenté également à partir d'une modification du cube : « *il*

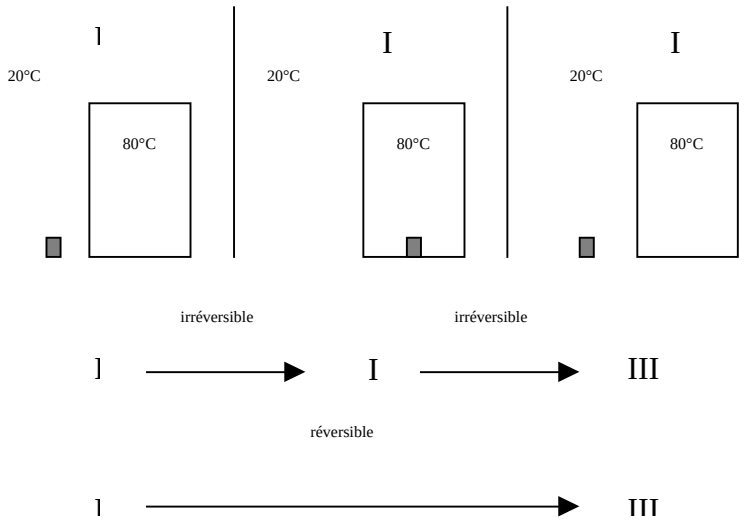
peut s'être produit des réactions dans le matériau du cube qui soient irréversibles ».

* 36% des étudiants répondent de façon incorrecte que la transformation est réversible,
- dont 23% précisent que le cube revient à son état initial ou que les situations I et III sont identiques.

* 16% ne répondent pas.

b) Question D

Soit un cube de 10 g initialement placé dans une salle à la température 20°C (situation I). On réalise la transformation irréversible qui consiste à placer ce cube dans un récipient thermiquement isolé qui contient l000L d'eau à la température de 80°C et à attendre que le cube prenne la température de 80°C (situation II), l'eau n'ayant pas changé de température. On réalise une seconde transformation également irréversible qui consiste à replacer le cube dans la salle à 20°C. Le cube retrouve la température de 20°C et la pièce n'a pas changé de température (situation III).



Etes-vous d'accord avec l'affirmation suivante : « La transformation qui fait passer de la situation I à la situation III est réversible »

oui ❑ non ❑ ne sais pas ❑

Justifiez de manière détaillée notre réponse

* 49% répondent de façon incorrecte que la transformation entre I et III est réversible,
* 12% qu'ils ne savent pas.
- Pour ces deux catégories, l'argument majoritaire (49%) est que l'état final est identique à l'état initial.

* 39% des étudiants répondent correctement que la transformation est irréversible
- Seuls 22% ont des arguments corrects, dont aucun ne porte sur les changements des sources : ils signalent plutôt que la combinaison de deux transformations irréversibles ne peut qu'être irréversible.

4) Synthèse des résultats

Les résultats obtenus à cet ensemble de questions permettent de confirmer l'hypothèse selon laquelle les étudiants ne portent pas leur attention sur la variation d'énergie des sources lors d'une interaction avec un autre système. En effet, à une question explicite sur la variation d'énergie, déjà moins de la moitié des étudiants considèrent que l'énergie de la source est modifiée lors d'une interaction ; lorsque la question porte sur le changement sans référence explicite à l'énergie, c'est au plus 10% des étudiants qui parlent de la variation d'énergie et, lors du questionnement indirect, seuls 9% des arguments sont corrects pour la question C et 22% pour la question D, la variation d'énergie n'étant pas utilisée par les étudiants dans leur argumentation alors que c'est cette variation d'énergie qui permet de comprendre les changements intervenus entre la situation initiale et la situation finale et, donc de justifier l'irréversibilité de la transformation.

Il est possible de faire différentes hypothèses à propos de cette difficulté des étudiants :

- La variable énergie n'est pas une variable "naturelle" et l'étudiant ne se centre que sur la variable qui a un sens familier pour lui : la température, constante dans le cas d'une source et il en déduit que la source n'est pas modifiée lors de l'interaction. Cette centration sur une variable comme la température est sans doute accentuée par les énoncés d'exercices où les systèmes sont toujours décrit par leur volume, leur température, leur pression.
- La justification du changement qui intervient pour la source nécessite des modes de raisonnement peu développés habituellement. En effet, le changement de l'énergie de la source peut s'exprimer par la relation _U = mC_P _T, avec _T quasi nul et la masse m extrêmement importante, la levée de l'indétermination conduit à une valeur finie de _U. La difficulté est certainement renforcée par le fait que la source est un réservoir immense d'énergie, c'est-à-dire que la variation relative de son énergie _U/U est extrêmement faible. Dans la plupart des raisonnements en physique, il est nécessaire de tenir compte de la variation relative alors que, pour prendre en compte la variation d'énergie de la source, il faut se centrer sur la variation absolue _U.
- Les réponses des étudiants à la question B mettent en évidence un reste de l'adhérence « chaleur-température » connue chez des élèves plus jeunes. Pour avoir un changement de température, il faut un échange de chaleur et réciproquement, si la température est constante, c'est qu'il n'y a pas échange de chaleur et donc qu'il n'y a pas de changement pour la source.
- Dans les situations d'interaction entre un système _ avec une source, _ est décrit de façon précise alors que _ est défini uniquement par sa température, c'est-à-dire de façon plus succincte. Cette situation ne peut que renforcer la tendance à la « centration du raisonnement sur un unique objet » constatée par S. Rozier (1988), c'est-à-dire à se centrer sur _ et à ne pas tenir compte de la modification de la source _.

4. Conclusion

Cette étude nous a permis de caractériser une importante difficulté conceptuelle rencontrée par les étudiants à propos de la notion de source. Il leur est difficile de penser que la source voit son énergie varier tout en ayant une température constante. Ceci ne peut qu'induire des difficultés dans l'étude de l'irréversibilité des transformations qui interviennent lors de l'interaction d'un système de dimensions finies avec une source. L'étude de l'ensemble des difficultés à propos des transformations réversibles ou irréversibles nécessite de compléter le questionnement à partir d'autres transformations.

Il nous a été possible de vérifier l'impact du raisonnement local (centration du raisonnement sur un unique objet), à propos par exemple d'une transformation due à une faible différence de température entre les deux systèmes mais avec changement d'état, ou due à une différence de pression importante avec retour du système dans l'état initial sans retour de l'environnement à l'état initial. En partant de situations où les différences de température ou de pression sont importantes, mais où les interactions sont ralenties et d'une transformation due à une faible différence de pression mais qui paraît se dérouler rapidement, nous avons également testé si les étudiants centrent leur raisonnement sur la lenteur ou la rapidité des transformations pour conclure à la réversibilité ou l'irréversibilité de la transformation.

Les résultats obtenus seront utilisés pour élaborer des contenus et des situations d'enseignement-apprentissage de la thermodynamique à l'université. Ces situations devront donner l'occasion aux étudiants de prendre conscience des contradictions auxquelles ils arrivent en affirmant que l'énergie de la source ne varie pas. Elles devront également amener les étudiants à considérer une transformation d'un système comme une partie d'une transformation impliquant tout l'univers.

REFERENCES

BREBEC J.M. & *al.,* 1995, *Thermodynamique*, H Prépa, Paris : Hachette.

GREA J. & VIARD J., 1995, From Language to Concept Appropriation in Physics. Two Cases Studies, in C. Bernadini, C. Tarsitani & M. Vincentini (Eds), *Proceedings of the International Conference : Thinking Physics for Teaching, Roma 1994*, New York : Plenum Press, pp. 97-106.

KATTMANN U., DUIT R., GROPENGIEBER H. & KOMOREK M., 1995, A Model of Educational Reconstruction, Paper presented at *The NARST Annual Meeting*, San Francisco.

KESIDOU S. & DUIT R., 1993, Students' Conceptions of the Second Law of Thermodynamics, An interpretative Study, *Journal of Research in Science Teaching*, vol 30, n°1, pp. 85-106.

ROZIER S., 1988, *Le raisonnement linéaire causal en thermodynamique classique élémentaire*, Thèse de doctorat, Université Denis Diderot (Paris 7).

TIBERGHIEN A., 1985, Heat and Temperature, In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds), *Children Ideas in Science*, Milton Keynes : Open University Press, pp. 52-84.

ETUDE DIDACTIQUE SUR L'UTILISATION DES MODELES D'ACIDO-BASICITE PAR LES ETUDIANTS ET LES ELEVES DE TERMINALE S

Alain Rabier
Patrice Venturini
André Terrisse

Laboratoire d'Etudes des Méthodes Modernes d'Education
EA 3042 Université Paul Sabatier Toulouse III

IUFM Midi Pyrénées
Site de Rangueil, 118 route de Narbonne
31078 TOULOUSE CEDEX 4
mél : alain.rabier@toulouse.iufm.fr

La recherche présentée porte sur la maîtrise, par les élèves de terminale S et les étudiants, de modèles relatifs à l'acido-basicité. En plus des aspects descriptifs, nous avons cherché à mettre en évidence les influences éventuelles sur la maîtrise dans l'utilisation de ces modèles, du niveau d'étude et du renforcement de l'aspect « modélisation » dans les instructions officielles.

1. Cadre de l'étude

L'enseignement des concepts et des notions fondamentales concernant les acides et les bases commence dès le collège, se poursuit au lycée puis à l'université. Les travaux de Cros (1984), Meyer et Dousset (1988) et Besson (1994) ont mis en évidence les difficultés rencontrées par les étudiants arrivant à l'université dans le domaine des acides et des bases.
L'institution, consciente de ces difficultés, a renforcé l'aspect modélisation dans les instructions officielles relatives aux programme de terminale S [MEN,1996].

Il semble légitime de se demander si cette volonté institutionnelle a eu des répercussions au niveau des élèves et des étudiants.

2. Méthodologie et population testée

Au cours de cette recherche, nous avons utilisé la méthodologie suivante :

- un questionnaire à choix multiple comportant quatre questions avec, pour chaque question, une demande de justification de la réponse choisie. Ce questionnaire a été posé à 209 élèves de terminale S (toutes les spécialités ont été représentées) et à 62 étudiants de licence de sciences physiques de l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Trois questions sur les quatre avaient été posées aux tests d'entrée à l'IUFM de Toulouse en 1998 ou 1999. Les résultats obtenus par les étudiants sont alors donnés à titre de comparaison.
- des entretiens concernant cinq élèves de terminale S qui ont permis de recueillir des justifications plus détaillées que celles obtenues par le questionnaire.

Les quatre questions du questionnaire à choix multiple sont toutes en rapport avec la partie acides et bases en solution aqueuse du programme actuel de terminale S à savoir : pH de solutions aqueuses d'acides et dosage d'un acide faible par une base forte.

3. Présentation et analyse des résultats obtenus

Examinons les résultats question par question.

Question n°1

Cette question a pour but de voir si l'étudiant maîtrise le modèle « solutions aqueuses d'acide fort » et notamment s'il sait reconnaître que la situation proposée se situe en dehors du champ de validité du modèle.

On donne $Ke = 10^{-14}$ *à 25°C.*

Dans l'eau pure, à 25°C, le pH d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration 10^{-7} mol.L^{-1} a pour valeur :

	A : 7,0	**B** : 7,2	**C** : 6,0	**D** : 6,8	**E** : je ne sais pas répondre
Licence	93 %	0 %	0 %	**2 %**	5 %
Terminale	90 %	1 %	2 %	**2 %**	5 %
IUFM 99	55 %	2 %	1 %	**20 %**	22 %

La réponse correcte (D) n'est donnée que par 2 % des élèves alors que 90% de l'effectif global fournit la réponse incorrecte A. Les 3/4 de l'ensemble des réponses sont justifiées. On ne peut pas faire de distinction entre les résultats de élèves de terminale et ceux des étudiants de licence. Au sein des élèves de terminale, on ne peut pas mettre en évidence d' « effet de spécialité » car, quelle que soit la filière, les résultats sont très proches. Le taux de réussite des candidats à l'entrée à l'IUFM est très nettement supérieur à celui des autres. Cette observation peut s'expliquer en partie par la diversité des origines de ces candidats. Beaucoup viennent de maîtrise mais aussi de des préparations au CAPES d'autres IUFM (Montpellier, Marseille, Pau, Bordeaux,…).

En ce qui concerne les justifications avancées pour la réponse A, on note essentiellement le recours à deux formules :

- $pH = - \log C$ ou $C = 10^{-pH}$ (1) (la plus fréquente)
- $pH = -\log [H_3O^+]$ ou $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ (2)

La plupart des étudiants qui utilisent (1) ne précisent pas que l'acide est fort donc totalement dissocié, seul un petit nombre indique : *« l'acide est fort donc $[H_3O^+] = C$ »*.Ce type de réponse relève d'une utilisation du modèle en dehors de son domaine de validité puisque la relation ne s'applique pas pour des concentrations inférieures à 10^{-6} mol.L^{-1}.

La justification (2) correspond à la définition du pH qui est valable quelque soit la nature de la solution aqueuse. On trouve le raisonnement suivant : « *On a un acide fort* ***donc*** *$pH = - log [H_3O^+]$* ». Cela traduit une confusion entre la formule de définition du pH et la relation syntaxique du modèle correspondant aux solutions aqueuses d'acides forts.

Au cours de l'entretien, deux élèves émettent des doutes quant à la justesse de leur réponse mais l'application de la formule leur donnant une valeur égale à 7, elle l'emporte sur le doute et le raisonnement logique.
Sur les 5 bonnes réponses recueillies aux questionnaires, seuls 3 élèves de terminale justifient de façon satisfaisante leur choix en remarquant que la concentration de l'acide se trouve en dehors du domaine de validité du modèle et que pour cette solution, le pH va tendre vers celui de l'eau pure par valeur inférieure.
Si l'on considère les deux relations syntaxiques du modèle (pH = - log C et 10^{-6} mol.L^{-1} < C < 10^{-1} mol.L^{-1}), on constate que la première relation est énoncée correctement par 43 % des étudiants mais la seconde n'est ni connue (ou mémorisée) ni prise en compte. Les étudiants ne semblent pas savoir qu'un modèle comporte un domaine de validité, et par conséquent ne sont pas capable de repérer si la situation à étudier se trouve ou non dans ce domaine.
Les entretiens font apparaître le rôle très fort de la formule qui prime sur tout raisonnement logique, phénomène que l'on peut désigner par « l'effet formule ». Cette dérive se retrouve dans la suite des observations menées, ce qui conforte notamment les conclusions de l'étude de Meyer et Dousset (1988).

Question n°2

Elle permet de voir si l'étudiant est capable de choisir entre le modèle « solution aqueuse d'acide fort » et le modèle « solution aqueuse d'acide faible » celui qui interprète le mieux la situation expérimentale donnée.

La solution d'un acide a un pH égal à 2,5. On la dilue 10 fois. Le pH est alors égal à 3,5. On peut en déduire que :

***A** : L'acide est fort*	***B** : L'acide est faible*	***C** : l'acide est un ampholyte*	***D** : On ne peut rien dire quant à la force de l'acide*	***E** : Je ne sais pas répondre*

Seule la relation syntaxique correspondant au modèle d'une solution d'acide fort interprète correctement les faits expérimentaux donnés.

Soit un acide fort de concentration C_1, son pH sera : $pH_1 = - \log C_1$. Si on le dilue 10 fois, son pH devient : $pH_2 = - \log C_2 = - \log C_1/10 = - \log C_1 + 1 = pH_1 + 1$. Quand on dilue 10 fois un acide fort, son pH augmente de une unité.

	A : L'acide est fort	**B** : L'acide est faible	**C** : l'acide est un ampholyte	**D** : On ne peut rien dire quant à la force de l'acide	**E** : Je ne sais pas répondre
LICENCE	**40,5 %**	3 %	0 %	40,5 %	16 %
Terminale	**38,5 %**	10,5 %	4,5 %	29 %	17,5 %
IUFM 98	**44 %**	6 %	1 %	30 %	19 %

40 % des candidats fournissent une bonne réponse à cette question. Il n'apparaît pas de différence significatives au niveau de la réussite entre les élèves de terminale et les étudiants de licence. En ce qui concerne les élèves de terminale, la spécialité choisie semble sans influence sur le pourcentage de réussite.
Cette question avait été posée sous cette forme au test d'entrée à l'IUFM en mai 1998. Si le taux de bonnes réponse est légèrement supérieur aux autres catégories de candidats, les pourcentages sur l'ensemble des réponses sont malgré tout très proches.
D'une manière générale, les étudiants donnant une réponse correcte à cette question ont, à la question précédente, formulé correctement la relation pH = - log C et ils justifient leur réponse par un calcul utilisant les propriétés de la fonction logarithme décimal. Par exemple : « *Si on dilue 10 fois, cela signifie qu'on divise la concentration par 10 et donc puisque le pH augmente d'une unité, on en déduit que la formule pH = - log C s'applique donc l'acide est fort.* ». La bonne réponse est aussi justifiée par des phrases du type : « *C'est une règle, quand on dilue un acide fort 10 fois, le pH de la solution augmente d'une unité.* ». Les élèves se rattachent alors à une propriété donnée en cours par le professeur. Les entretiens font apparaître à ce niveau que ceux qui énoncent correctement cette propriété, ne sont pas capables d'en donner l'origine. Ce point soulève le problème de l'approche dogmatique dans la transmission des modèles.
La deuxième réponse la plus fréquemment citée est la réponse D : « *On ne peut rien dire quant à la force de l'acide* ». Elle n'a fait l'objet que de peu de justifications. C'est cependant le manque de données sur l'acide qui est évoqué (concentration initiale ou constante d'acidité). Il est à noter qu'un nombre non négligeable d'étudiants

ayant utilisés la formule pH = - log C à la question 1 sont incapables de trouver la bonne réponse à cette deuxième question. Peut être n'ont-ils eu l'occasion de faire fonctionner le modèle que dans des situations stéréotypées du type : l'acide est fort, la variable et l'inconnue sont le pH et la concentration ou l'inverse ; mais jamais de façon hypothétique face à une situation expérimentale moins classique.

Question n°3

Elle est relative au dosage d'une solution d'acide faible et a pour but de voir si l'étudiant fait la relation entre les divers langages qui servent à exprimer le modèle « solution aqueuse d'acide faible » :

- Langage iconique : courbes pH-métriques de dosage acide faible-base forte
- Langage littéraire et/ou logico-mathématique :
    - Un acide faible est un acide partiellement dissocié dans l'eau aux concentrations usuelles.
    - A la _ équivalence, pH = pK_a si l'acide est relativement faible et/ou peu dilué (indépendant de la concentration initiale en acide).
    - A l'équivalence, le pH est celui d'une base faible (dépendant de la concentration initiale de l'acide dosé).

On réalise le dosage pH-métrique de 10 mL d'acide acétique (pK_a = 4,8) de concentration 0,1 mol.L^{-1} par de la soude à 0,1 mol.L^{-1}, puis le dosage de 10 mL du même acide de concentration 0,01 mol.L^{-1} par de la soude 0,01 mol.L^{-1}.
Les deux courbes pH = f (V_{NaOH}) :

***A** : sont superposables* ***B** : n'ont aucun point commun* ***C** : passent par le même point d'équivalence* ***D** : passent par le même point de _ équivalence* ***E** : Je ne sais pas répondre*

	A : sont superposables	**B** : n'ont aucun point commun	**C** : passent par le même point d'équivalence	**D** : passent par le même point de _ équivalence	**E** : Je ne sais pas répondre
Licence	27 %	2 %	51 %	**13 %**	7 %
Terminale	23 %	7,5 %	47 %	**14,5 %**	8 %
IUFM 98	21 %	6,5 %	31 %	**28,5 %**	13 %

Pour cette question, le pourcentage de bonnes réponses est de 14 % et 60 % de l'ensemble des réponses recueillies sont justifiées. Les résultats obtenus par les postulants à l'IUFM en 1998 sont nettement meilleurs : un pourcentage de bonnes réponses deux fois plus élevé. Le taux de réussite, même pour ces étudiants, est très faible.
Encore une fois, les résultats des élèves de terminale et ceux des étudiants de licence sont très proches et aucune différence significative ne peut être mise en évidence. Il en va de même en ce qui concerne les différentes spécialités de terminale.
Pour justifier la réponse A, les étudiants expliquent que : « *les concentrations des deux solutions étant divisées par 10 donc rien ne change* ». Le volume équivalent ne change pas dans les deux situations de l'énoncé. Il semble que les élèves privilégient la variable volume au détriment de la variable pH puisque leurs raisonnements n'intègrent pas cette dernière.
On retrouve le même type de justification concernant la réponse C : « *Les concentrations sont divisées par 10 donc le volume équivalent est le même dans les deux cas* ». Cette affirmation est correcte mais elle ne prend en compte qu'une des deux variables en jeu dans la question posée. Pour ces étudiants, le pH ne semble pas être sensible au phénomène de dilution puisqu'il n'est pas évoqué.
Les justifications données dans le cas de la réponse attendue (réponse D) sont le plus souvent « $pH_{1/2éq} = pK_a$ » complétées parfois avec « *même* $v_{éq}$ » ou « *même* $v_{1/2éq}$ ». Dans les deux cas, il est à noter que les étudiants justifient que les deux courbes passent par le point de _ équivalence mais ne justifient pas qu'elles ne sont pas superposables. Même dans le cas d'une réponse correcte, les justifications apportées ne sont pas satisfaisantes car seule une moitié du raisonnement est fait.

Le modèle testé par cette question utilise le langage iconique sous la forme de courbes donnant le pH de la solution d'acide en fonction du volume de base versée. Or, dans tous les cas, la variable volume (v) avec ses valeurs particulières que sont le volume équivalent ($v_{éq}$) et le volume à la demi-équivalence ($v_{1/2éq}$) semblent jouer un rôle privilégié dans le raisonnement des élèves. Pour un grand nombre d'entre-eux, la notion de point d'équivalence ne semble pas définie par un couple de valeurs ($v_{éq}$ et $pH_{éq}$) mais seulement par le volume à l'équivalence ($v_{éq}$) puisqu'ils considèrent que le pH à l'équivalence ($pH_{éq}$) a une valeur qui est indépendante de la concentration. Ceci semble relever

d'une confusion avec le cas du dosage d'un acide fort par une base forte. Le fait de privilégier la grandeur volume au cours du raisonnement peut trouver son origine dans le fait que le but d'un dosage étant de déterminer une concentration inconnue, c'est le volume et plus particulièrement le volume équivalent qu'il est important de déterminer ; d'où la possible focalisation des étudiants sur cette variable.
Par contre, pour la justification de la réponse D, le pH est la plupart du temps le seul élément pris en compte.

Les résultats de cette question mettent en évidence les difficultés qu'ont les étudiants au niveau des courbes de dosage acide-base. L'analyse de ces courbes, leur évolution en fonction des concentrations initiales des réactifs et la distinction entre la courbe de dosage d'un acide fort et celle d'un acide faible (par une base forte) ne sont pas maîtrisés par la grande majorité des étudiants.

Question n°4

La formulation de cette question est très proche de celles du questionnaire utilisé par Meyer et Doucet (1988). Les résultats obtenus sont confrontés à ceux recueillis douze ans auparavant auprès d'étudiants de la même université. Elle va permettre de voir si, chez les élèves et les étudiants, l'application d'une formule ($C_aV_a = C_bV_b$ en l'occurrence) se substitue purement et simplement à tout autre forme de raisonnement.

Soit une solution d'acide faible (par exemple de pK_a = 4,2) de concentration 0,1 mol.L^{-1}.
On veut doser 100 mL de cet acide par de la soude. Il faudra pour atteindre le point d'équivalence :

***A** : moins de 0,01 mole de soude* ***B** : 0,01 mole de soude* ***C** : plus de 0,01 mole de soude* ***D** : je ne peux pas répondre car il manque des données* ***E** : Je ne sais pas répondre*

	A : moins de 0,01 mole de soude	**B** : 0,01 mole de soude	**C** : plus de 0,01 mole de soude	**D** : je ne peux pas répondre car il manque des données	**E** : Je ne sais pas répondre
Licence	2 %	**34 %**	8 %	35 %	21 %
Terminale	4,5 %	**30 %**	5,5 %	48 %	12 %

On obtient globalement 31 % de bonnes réponses à cette question. Comme pour les précédentes questions, ni le niveau d'étude ni la spécialité de terminale sont des facteurs qui influent sur les résultats. Le taux de réponses non justifiées est de l'ordre de 35 %.

La quantité de matière est la grandeur permettant de définir l'équivalence d'un dosage : le nombre de moles d'ions hydroxyde versés (n_B) est égal au nombre total de moles de protons libérés ou libérables par l'acide (n_A). C'est sous la forme « $n_A = n_B$ » que la plupart des élèves ayant répondu correctement à cette question justifient leur réponse.
45 % des étudiants affirment que pour répondre à cette question, il faudrait des données supplémentaires. Ils justifient leur position en se basant sur la formule $C_aV_a = C_bV_b$ et en expliquant qu'il manque soit la concentration de la soude (62 %), soit le volume équivalent (30 %), soit les deux (8 %). Ces étudiants ont retenu une formule sans se rappeler l'origine de celle-ci.
Les faits observés présentent une grande ressemblance avec les observations faites par Meyer et Dousset (1988). Au niveau du pourcentage de bonnes réponses, les valeurs sont proches entre les résultats de l'ensemble de notre test (31 %) et les résultats obtenus au cours de leur enquête par les étudiants de DEUG A 2ème année (32 %) (Sachant que les étudiants de licence de sciences physiques ont été

testés en novembre, on peut les considérer comme des étudiants sortant de DEUG A 2ème année).
Les justifications avancées à l'époque par les étudiants sont les mêmes que celles recueillies par notre questionnaire et confirmées par les entretiens. Les conclusions que donnaient Meyer et Dousset à l'époque restent toujours valables.

L'analyse de l'ensemble des résultats obtenus montre que les performances des étudiants de licence ne sont pas meilleures que celles des élèves de terminale S. Pour ces derniers, aucune corrélation n'a pu être établie entre le taux de réussite au questionnaire et la spécialité choisie (mathématique, physique chimie, sciences de la vie et de la terre et sciences de l'ingénieur).

4. Pistes d'interprétation

Cette étude de type exploratoire est purement descriptive. Elle ne permet pas de donner la cause et l'origine des difficultés rencontrées par les élèves et les étudiants puisqu'au cours de ce travail de recherche nous n'avons pas cherché à accéder aux pratiques enseignantes ainsi qu'aux pratiques des élèves. On peut cependant avancer quelques hypothèses interprétatives qui vont servir de base à un travail ultérieur. Elles portent essentiellement sur les relations établies par les élèves entre modèle et réalité ainsi que sur le travail de modélisation avec les élèves.

En effet, la plupart du temps, c'est l'enseignant qui fournit le modèle à la classe en utilisant le plus fréquemment la démarche inductive classique. Les expériences servant dans la démarche de transmission du modèle (monstration et renforcement : Joshua et Dupin, 1993) sont toujours choisies dans des situations où le modèle fonctionne impeccablement pour bien convaincre les élèves. Rarement sont abordées des situations en dehors du domaine de validité de ce modèle. On peut alors supposer que cet état de fait conduit l'élève à des difficultés dans la gestion des limites de validité et induit, de plus, une tendance à confondre modèle et réalité.
Par ailleurs, les élèves n'ont généralement l'occasion d'utiliser les modèles que dans des situations stéréotypées mais jamais de façon

hypothétique face à une situation expérimentale moins classique. On peut supposer qu'un travail de modélisation mené par les élèves eux-mêmes avec l'aide de l'enseignant (Gil Pérez, 1993), un travail d'exploration systématique du modèle construit pour en percevoir les conséquences et les limites pourrait améliorer cet état de choses.

Comme on le voit, ces hypothèses ouvrent de pistes potentielles de recherche : étude des pratiques enseignantes sur la transmission des modèles de l'acido-basicité et mise en place d'activité de modélisation.

5. Conclusion

Cette étude montre que les difficultés rencontrées dans le domaine des acides et des bases, par les élèves de terminale S et les étudiants, persistent malgré les injonctions institutionnelles relatives à une utilisation rationnelle et efficace des modèles introduits dans l'enseignement secondaire.
L'analyse des réponses recueillies (questionnaire et entretien) fait apparaître l'existence d'un certain nombre de problèmes dont certains ont déjà été identifiés dans des travaux antérieurs :
substitution de l'utilisation d'une formule à tout raisonnement logique,
fonctionnement d'un modèle en dehors de son domaine de validité,
difficultés dans l'utilisation du langage iconique (courbes de dosage acide-base).
Pour comprendre l'origine de ces difficultés, il est nécessaire d'avoir accès aux pratiques enseignantes et aux pratiques des élèves dans ce domaine. Ce n'est qu'à cette condition que des recherches ultérieures pourront valider les hypothèses d'interprétation proposées.

REFERENCES

Besson M.-A., Approche des notions d'acide et de base par les étudiants à la fin du secondaire, *Actes du quatrième séminaire national de la recherche en didactique des sciences physiques*, Amiens, IUFM de Picardie, 1994, pp 93-100.

Cros D et al., ATOMES, ACIDES-BASES, EQUILIBRE Quelles idées s'en font les étudiants arrivant à l'université, *Revue française de pédagogie*, n° 68, Paris, 1984, pp 49-60.
Gil Perez D., Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique, *Aster* n° 17, Paris, INRP, 1993, pp 41-64.
Johsua J et Dupin J.-J., *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, Paris, Presses Universitaires de France, 1993.
Meyer R et Dousset J., Un équilibre très instable, *Bulletin de l'Union des physiciens*, n° 708, Paris, UDP, 1988, pp 1211-1220.
Ministère de l'Éducation Nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche., *Physique Chimie classes de seconde première et terminale Série scientifique (S) horaire/objectifs/programmes/instructions*, Paris, CNDP, 1996.

ANALYSE DES PRATIQUES

LE DEBAT EN CLASSE SUR LES BIOTECHNOLOGIES FAVORISE-T-IL L'ARGUMENTATION FONDEE DES ELEVES ?

Laurence Simonneaux

UP – ENFA
BP 87 - 31326 Castanet-Tolosan cedex
Laurence.simonneaux@educagri.fr

1. Débats en classe : cadre théorique et objectifs de la recherche

Les applications des biotechnologies soulèvent des questions dans différents domaines (éthique, politique, économique, écologique, juridique…). Les risques évoqués sont supports de débats du fait des incertitudes associées aux applications. L'introduction de débats en classe vise la formation des élèves à la prise de décision argumentée et fondée sur les questions biotechnologiques.

L'argumentation s'inscrit pour certains dans le champ de la communication moderne ; elle est alors issue de la rhétorique classique (Breton, 1996). D'autres l'étudient dans une perspective linguistique (Adam, 1992). D'autres encore l'abordent dans le cadre de l'enseignement des sciences ; et ce, à plusieurs niveaux : pour améliorer la compréhension conceptuelle, pour favoriser la compréhension de l'épistémologie des sciences, pour développer les compétences d'investigation (notamment dans les travaux pratiques), pour améliorer les prises de décision sur des questions socio-scientifiques (Driver & Newton, 1997 ; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000 ; Osborne, 1999 ; Solomon, 1992 …). Osborne (1999) s'étonne du peu d'intérêt accordé par les didacticiens des sciences à la rhétorique et à l'argumentation qui sont pourtant au cœur de la pratique des sciences. Un enjeu éducatif est d'aider les élèves à comprendre le rôle de la controverse dans les sciences contemporaines et sa fonction rhétorique dans la gestion de l'incertitude. L'enjeu de

l'étude de l'argumentation en éducation biotechnologique est de favoriser chez les élèves la construction d'un regard critique sur les déclarations scientifiques faites sur les conséquences des applications biotechnologiques. Toulmin (1958) a fourni un cadre d'analyse de l'argumentation pour certains didacticiens des sciences (Jiménez-Aleixandre *et al*., 2000 ; Kelly *et al.*, 1998 ; Sonora Luna *et al.*, 2000 …). Plus récent, le modèle du schéma textuel prototypique argumentatif d'Adam (1992) (schéma en annexe) se rapproche de celui de Toulmin. Nous avons pour objectif dans cette recherche de tester des méthodes de recherche pour analyser les débats des élèves et de comparer l'argumentation des élèves sur un même objet de débat dans deux situations didactiques, un jeu de rôle et un débat traditionnel, en effet nous considérons que le traitement de la situation didactique par les interlocuteurs influe l'argumentation.

2. Méthodologie

Nous avons élaboré un jeu de rôle. Dans un village du bord de mer, proche d'un port de pêche, Yann Le Goff, un pisciculteur, envisage d'élever des saumons génétiquement modifiés qui ainsi grandissent plus vite et deviennent géants. Il les appelle les Sumotoris, du nom des lutteurs japonais. La population locale s'est inquiétée de ce projet. Un groupe constitué de pêcheurs, de consommateurs, de membres d'une association de protection de la nature, de pisciculteurs traditionnels a formé un comité de lutte contre ce projet. Mais, Yann Le Goff est soutenu notamment par le conserveur et une partie du conseil municipal. Le maire a décidé d'organiser un débat public en invitant des spécialistes. Les élèves sont les acteurs du débat.
Avant le jeu de rôle, les élèves remplissent individuellement un pré-test qui vise à évaluer leurs opinions sur les recherches concernant différentes transgenèses animales. Après une introduction sur la transgenèse à partir de la présentation de l'histoire de la domestication et de l'historique du transfert du gène de l'hormone de croissance, le jeu de rôle est présenté. Puis, les élèves énoncent par écrit a priori leur opinion sur l'installation de l'élevage de Sumotoris en la justifiant. L'enseignant joue le rôle du maire. Il introduit le jeu de rôle. Il régule le temps. A l'issue du jeu de rôle, chaque élève émet par écrit son avis sur le projet en le justifiant. Il (ou elle) précise sous quelle(s)

condition(s) il (ou elle) pourrait changer d'avis. Puis, les élèves remplissent le post-test sur les opinions sur les recherches sur les transgenèses animales.

Dans le débat conventionnel, le déroulement est identique à celui suivi dans le cas du jeu de rôle. A ceci près bien sûr, que le jeu de rôle est remplacé par le débat. L'enseignant situe le débat "conventionnel" par analogie avec la conférence des citoyens qui s'est déroulée en France sur les biotechnologies. Il fixe l'objectif du débat : les élèves devront proposer une décision argumentée. Il précise dans un premier temps qu'il s'agit de débattre des aspects économiques, politiques, écologiques et de ceux liés à la santé humaine. Il reste neutre. Il laisse les élèves aborder spontanément les différents champs ; en cas d'oubli d'un (ou plusieurs) champ(s), il sollicite leur avis sur le(s) champ(s) oublié(s). Dans un second temps, il propose au débat les différents thèmes abordés dans le jeu de rôle, si ceux-ci n'ont pas été traités spontanément par les élèves : augmentation de la productivité des élevages, aggravation de la surproduction, transfert technologique dans les pays du tiers monde et lutte contre la famine, déséquilibre de l'écosystème, réduction de la biodiversité, risque pour la santé humaine, étiquetage et réactions des consommateurs, brevétabilité du vivant, monopole des firmes. Il fournit aux élèves au fur et à mesure les mêmes informations que celles contenues dans le jeu de rôle.

L'étude a été réalisée avec deux classes de 1ère S du lycée Agricole d'Auch (Gers). L'ensemble des échanges a été enregistré (audio et vidéo) et intégralement retranscrit.
Les données quantitatives sur les opinions des élèves vis-à-vis des recherches sur les différentes transgenèses animales (pré-post test) ont été traitées à l'aide du logiciel Sphinx. Les opinions des élèves se différencient en fonction du contexte et des applications envisagées par les recherches en cours. Les applications médicales sont les mieux acceptées, suivies par les applications vétérinaires. Les applications industrielles, c'est-à-dire agroalimentaires, sont rejetées. Et les opinions ne varient pas entre le pré et le post-test. L'analyse des justifications écrites des élèves avant et après le jeu de rôle ou le débat vis-à-vis de la mise en place d'un élevage de Sumotoris a été fondée sur les théories de l'argumentation et sur la sociologie de la justification (Simonneaux, 2000). Les argumentations écrites sont par

nature plus élaborées et permettent de distinguer les points de vue des élèves acteurs sociaux de celles des élèves acteurs d'un jeu de rôle.

Cette communication est focalisée sur l'analyse des discours des élèves dans les situations de débat. Différentes méthodes d'analyse des argumentations en éducation scientifique ont été proposées. Aucune ne paraît transposable en l'état. Nous cherchons ici à mettre en lumière les adaptations que nous avons dû faire et les spécificités de notre démarche. Notre propos n'est pas d'identifier des caractéristiques universelles de l'argumentation des élèves sur la biotechnologie, mais plutôt de comparer l'impact de différentes situations didactiques (jeu de rôle, débat) sur la qualité de l'argumentation des élèves. A partir des transcriptions des débats, comme le signalent Dumas-Carré et Weil-Barais (2000), « *des analyses sont possibles à différents « grains »* » : analyse microscopique d'épisodes au cours desquels un « objet » est en débat ; analyse macroscopique qui permet d'identifier la dynamique des échanges et de choisir des épisodes qui seront soumis à l'analyse microscopique. Nous avons suivi cette démarche et quantifié un certain nombre d'indicateurs. Pour analyser les épisodes, nous avons d'abord eu recours au modèle de Toulmin, complété successivement par Resnick *et al.* (1993), Kelly *et al.* (1998), Sonora Luna *et al.* (2000) et nous-même. Resnick *et al.* ont ajouté aux composants de l'argumentation définis par Toulmin « the challenge » ; Kelly *et al.* ont ajouté « empirical data », « hypothetical data » ; Sonora Luna *et al.* « opposition » and « concession ». Au fur et à mesure de l'analyse des épisodes argumentatifs, nous avons modifié et complété notre grille, notamment pour pouvoir rendre compte des procédures rhétoriques mises en œuvre. Nous appréhendons le débat dans le cadre de l'interactionisme socio-discursif. Dans ce cadre, le langage est considéré comme une activité. Nous avons recours à « *la notion d'action langagière qui fédère et intègre donc les représentations des paramètres du contexte de production et du contenu thématique* » Bronckart, 1996. Afin de pouvoir analyser la complexité des débats, nous avons ainsi distingué différents types d'actions langagières que nous avons empruntés aux auteurs que nous venons de citer et complétés : déclaration, argument (fondé sur « le warrant » de Toulmin), question, question ou déclaration rejetée (équivalent à « l'opposition » de Sonora Luna *et al.*), question interpellatrice

(équivalente au « challenge » de Resnick *et al.*, question recentrée, relance, réponse, hypothèse, objection, accord, évitement, mise en évidence de lacunes ou d'incertitudes, jugement de valeur. Chaque action langagière peut en supporter une autre. Par exemple, une déclaration peut supporter une opposition, un accord, une question… Dans les procédures rhétoriques, nous avons retenu les actions langagières suivantes : provocation, suspicion, promesse, ironie. Nous avons filé les traces linguistiques de l'implication des sujets (prise en charge énonciative, énoncés prescriptifs, axiologiques).
Nous avons identifié les domaines de savoir ou de références sociales sur lesquels reposaient les arguments des élèves et évalué la validité des arguments employés. Nous avons analysé les stratégies argumentatives ; nous avons distingué les déclarations sans justification, les argumentations simples, comportant une seule justification, des stratégies plurielles comportant plusieurs justifications emboîtées ou linéaires.

3. Résultats partiels et discussion

Dans le tableau suivant sont comparés les différents critères utilisés pour analyser les échanges.

	Débat	Jeu de rôle
Durée en mn	94	55
Nombre de tours de parole	101	175
Nombre de tours de parole /mn	1.07	3.18
Nombre de prises de parole de l'enseignant	35	16
Nombre d'arguments	36	35
Nombre de stratégies plurielles	35	8
Nombre d'arguments non valides (par rapport aux savoirs disciplinaires ou par rapport aux informations fournies)	2	8
Nombre de procédures rhétoriques	2	24

Dans le jeu de rôle, les déclarations sont plus nombreuses que dans le débat. Les élèves essaient de glisser les informations ou les interrogations dont leurs personnages sont porteurs. Les temps de discussion sont plus nombreux dans le débat. Le jeu de rôle est ponctué par les interventions du Maire (l'enseignant) sur le bien-fondé de l'élevage de Sumotori. Dans le débat, les élèves non seulement

s'investissent dans les sujets de débat proposés par l'enseignant, mais en plus ils lancent eux-mêmes des sujets de débat.

Lors du débat, les prises de parole sont plus longues et plus complexes (le nombre de tours de parole / minute est de 1. 07 au lieu de 3.18 dans le jeu de rôle). Les argumentations sont plus élaborées (diversité et connexions des arguments) et fondées sur des données valides. En voici un exemple :

"Elever des poissons géants cela ne va pas empêcher la disparition de certaines espèces de poissons et en plus d'un point de vue économique, avec la surproduction actuelle cela va complètement bouleverser l'économie halieutique et on va se retrouver avec beaucoup d'emplois en moins, la faillite d'élevages piscicoles, je trouve que c'est inconcevable."	Contre argument sur la diminution de la biodiversité Argument économique pluriel Implication énonciative, énoncé axiologique

Dans le jeu de rôle, les interventions des élèves sont courtes, les stratégies argumentatives sont simples et parfois fondées sur des données non valides (les élèves ont mal interprété les informations qui leur étaient fournies dans la description de leur rôle). En voici un exemple :

"Je suis pisciculteur et dû à la forte baisse de la surproduction de saumons, j'ai décidé de monter un projet qui consiste à élever des poissons que je vais surnommer "les sumotoris" qui sont en moyenne 10 fois plus gros que les poissons normaux."	Argumentation économique simple non valide Reprise d'une information contenu dans la description du rôle

Dans le débat, les élèves ont recours à 35 stratégies plurielles argumentatives, alors que dans le jeu de rôle, les élèves n'utilisent que

8 stratégies plurielles. Dans le jeu de rôle, les élèves ont davantage recours à des procédures rhétoriques maniant l'ironie ou la provocation (24 procédures rhétoriques pendant 55 minutes de jeu de rôle pour 2 au cours de 94 minutes de débat). Ils sont dans des postures d'acteurs ; ils jouent leur rôle du mieux qu'ils peuvent ; leurs argumentations sont superficielles, ils ne les ont pas construites par rapport à leur point de vue mais à partir de la description de leur personnage. Ils ne sont pas forcément en accord avec les opinions de leur personnage.

L'argumentation est une situation d'interaction sociale. Les spécialistes de l'argumentation s'accordent pour dire que l'argumentation fonctionne sur la prise en compte du destinataire, notamment de ses valeurs. Breton parle de l'opération de cadrage, Golder de la recevabilité de l'argument fonction des valeurs du groupe social d'appartenance. Dans le débat, Marianne est fondamentalement pour la mise en place d'élevages de Sumotoris et défend avec acharnement ses idées : « *des espèces qui disparaissent, ce n'est pas trop grave* » ; « *de toutes façons les producteurs seront toujours les pays les plus riches ; on ne va pas donner aux pays pauvres de toute manière* » ; « *de toute manière on trouvera des médicaments pour détruire ce que l'on aura détruit* » ; « *les pisciculteurs en faillite n'auront qu'à se reconvertir, on ne fait pas d'omelette sans casser d'œufs*» ; « *on ne va pas revenir à la charrue et aux bœufs non plus ! Tant pis pour le chômage* » : « *cela pourrait être intéressant de cloner des gens ; cela pourrait intéresser des militaires ou pour travailler* ». Ces arguments heurtent les autres élèves, car ils ne sont pas fondés sur les mêmes valeurs. Ils ne sont pas recevables de ce fait. A la fin du débat, ils refusent de les prendre en considération.

Dans ce travail, a été mise en évidence la complexité de l'analyse des situations de débat en classe. Il a fallu élaborer progressivement une méthodologie adaptée à cette complexité. Les analyses à différents " grains " se complètent. L'analyse macroscopique met en lumière la dynamique des échanges, les thématiques débattues, notamment les thématiques récurrentes. Dynamique et thématique sont influencées par les interventions de l'enseignant et par le genre de débat mis en œuvre (jeu de rôle ou débat classique). Les critères quantifiés montrent que dans le débat classique les argumentations des élèves

sont plus élaborées et plus valides. Le débat semble davantage favoriser l'argumentation fondée. Le jeu de rôle est mâtiné de procédures rhétoriques (provocation, ironie…). Pour Breton (1996), ces procédures ne font pas partie de l'argumentation « légitime ». C'est l'analyse microscopique qui révèle le mieux la complexité des échanges. La preuve en est donnée par le nombre important de types d'actions langagières que nous avons identifiés.

Une discussion porte sur l'existence même d'un schéma textuel prototypique de l'argumentation tel que défini par Toulmin et Adam. Ce schéma, s'il existe, pourrait être support d'apprentissage de l'argumentation. Les schémas de Toulmin et Adam font l'objet de critiques (Brassart, 1987 ; Golder, 1996) car, entre autres, ils n'intégreraient pas la dimension dialogique. Notre analyse conforte ce point de vue critique ; nous n'avons pas pu identifier dans les débats de schèmes argumentatifs canoniques. La dimension dialogique nous a conduit à repérer de nombreux types d'actions langagières dans les échanges (question ou déclaration rejetée, question interpellatrice, question recentrée, relance, réponse, objection, accord, évitement, mise en évidence de lacunes ou d'incertitudes…), des procédures rhétoriques ainsi que des énoncés axiologiques (jugements de valeur) ou prescriptifs. A titre d'illustrations, nous présentons l'analyse de quelques épisodes argumentatifs en annexe. Le discours argumentatif ne peut se réduire à une suite ou une organisation d'entités linguistiques qui seraient les mêmes dans toutes les situations (Golder, 1996).

Enfin, les discours sont plus ou moins assujettis au rapport institutionnel de l'enseignant gestionnaire des débats (il vaut peut-être mieux être de l'avis de l'enseignant, d'ailleurs les élèves essaient de déchiffrer l'opinion de l'enseignant tout au long des débats et la demandent explicitement à la fin de l'activité). Dans le jeu de rôle, l'enseignant n'a pas su tout au long du jeu de rôle garder sa neutralité en interprétant le rôle du Maire. Au moment du vote, des élèves conscients de l'impact de l'enseignant/maire sur leurs camarades ont manifesté qu'ils n'étaient pas dupes comme en témoigne l'échange suivant :

Le gastronome : « *Non, non, non, cela sent l'embrouille. Si en plus Monsieur le Maire se fait payer* ».
Le Maire : « *Je pense à l'expansion de notre commune* ».

Le gastronome : « *Il y a du pot de vin là-dessous, on refait un vote. Bon qui est pour ? Zéro. Qui est contre* ».
L'étudiante en communication «branchée» : « *Si vous aviez fait des études en communication, Monsieur, vous sauriez qu'il y a un chef ici qui dirige l'assemblée* ».
Le gastronome : « *Et qui est ce chef ?* »
Le Maire : « *Le Maire de votre village, Monsieur. Je suis là pour veiller au bonheur de mes administrés. Nous procédons une dernière fois au vote. Qui est pour ce projet ?cinq. Qui est neutre ? deux* ».
Le pisciculteur traditionnel : « *Non, je n'ai pas levé la main* ».
Le chercheur en physiologie des poissons : « *On n'influence pas les gens. Attention !* »
Le maire : « *Qui est contre ? sept* »…
L'élève qui joue le rôle de l'étudiante en communication met en évidence le rapport institutionnel attaché à l'enseignant.

Il convient de poursuivre l'étude des situations de débat mises en œuvre en classe sur des questions scientifiques *" socialement vives* ", d'analyser finement les argumentations en action et d'évaluer l'impact de formation à l'argumentation. Nous envisageons de former les élèves à l'argumentation à travers l'analyse des discours produits par différents acteurs, aux points de vue divergents. Il s'agit d'évaluer si l'étude interdiscursive de textes discordants sur des savoirs controversés peut contribuer à favoriser le développement de l'argumentation des élèves.

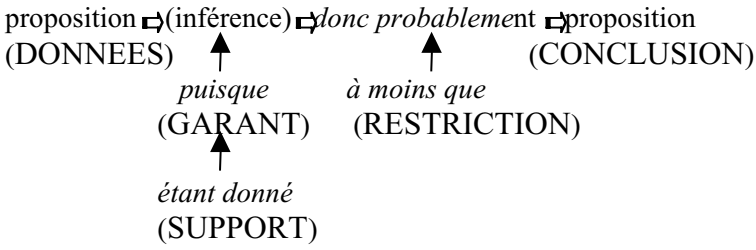
REFERENCES

Adam, J.M. (1992) *Les textes : types et prototypes*. Paris : Nathan - Université.
Brassart, D.G. (1987) *Le développement des capacités discursives chez l'enfant de 8 à 12 ans : le discours argumentatif (étude didactique)*. Thèse pour le Doctorat de Sciences Humaines. Strasbourg.
Breton, P. (1996) *L'argumentation dans la communication*. Ed. La Découverte.
Bronckart, J.-P. (1996) *Activité langagière, textes et discours. Pour un interactionisme socio-discursif.* Paris : Delachaux & Niestlé.

Driver, R. & Newton, P. (1997) Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms, ESERA Conference, Rome.
Dumas Carré, A. & Weil-Barais, A. (2000) Analyse du travail de jeunes élèves au cours d'activités scientifiques ; dynamique des échanges et conceptualisations des élèves. Journées d'étude franco-quebecoises – Didactique des disciplines : Recherches sur les pratiques effectives, Toulouse.
Golder, C. (1996) *Le développement des discours argumentatifs*. Delachaux et Niestlé.
Jiménez Aleixandre, M.P., Pereiro Munoz, C. & Aznar Cuadrado, V. (2000) Promoting reasoning and argument about environmental issues, *Research in Didaktik of Biology. Göteborg : IPD.* 215-230.
Kelly, G.J., Druker, S. & Chen, C. (1998) Students' reasoning about electricity: combining performance assessment with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20, 849-871.
Osborne, J . (1999) Promoting rhetoric and argument in the science classroom, ESERA Conference, Kiel.
Resnick, L.B., Salmon, M., Zeitz, C.M., Wathen, S.H. & Holowchak, N. (1993) Reasoning in conversation. *Cognition and Instruction*, 11 (3&4), 347-364.
Simonneaux, L. (2000). Comparison of the impact of a role play and of a classical discussion on students' argumentation concerning an issue in animal transgenesis. 3rd ERIDOB Conference, Santiago de Compostella.
Solomon, J. (1992) The classroom discussion of science-based social issues presented on television : knowledge, attitudes and values. *International Journal of Science Education* 14 (4), 431-444.
Sonora Luna, F., Garcia-Rodeja Gayoso, I. & Branas Pérez, M.P. (2000) Discourse analysis: pupils' discussions of soil science, 3rd ERIDOB Conference, Santiago de Compostella.
Toulmin, S. (1958*) The uses of argument*. Cambridge : Cambridge University Press.

ANNEXES

1. Séquence argumentative prototypique Adam (1992)



2. Analyse d'épisodes argumentatifs

Au cours du jeu de rôle

Les personnages	Interventions	Actions langagières
Le Maire	Moi, je pense que la rentabilité justement est bien meilleure…	Point de vue optimiste du Maire / enseignant
	Nous avons de l'espoir	Implication énonciative
Le pisciculteur porteur du projet	Il faut penser aux centaines d'emplois qui vont être créés dans cette commune	Déclaration économique non justifiée, prescriptive
Le pêcheur	La production de saumons d'élevage concurrence de plus en plus notre activité de pêcheur en mer	Déclaration économique non justifiée Objection
		Objection complémentaire
Le gastronome	Et les pêcheurs, ils pêchent des poissons normaux. Ils ont du goût ces poissons et ils n'apportent pas de maladies	Argumentation linéaire : qualités gustative et sanitaire
L'étudiante en communication branchée	Ce mode de pêche est dépassé	Jugement de valeur en réponse aux objections
Le pêcheur	Les consommateurs de toute façon feront la différence entre du poisson fraîchement pêché et…	Déclaration sur les réactions des consommateurs
Le gastronome	Et les malades atteints de maladies encore inconnues, ils vont avoir aussi des finances de la CEE ?	Provocation Déclaration sur la santé humaine
L'étudiante en communication branchée	On a toujours mangé du bon poisson et je ne vois pas pourquoi aujourd'hui on commencerait à avoir du poisson qui vient de je ne sais où avec des gènes humains et de vache folle	Implication énonciative Echange polémique dans un registre rhétorique
Le gastronome	C'est la société, Monsieur !	
L'étudiante en communication branchée	Ah, la société rend les gens malades maintenant !	
Le gastronome	Elle avance la société !	
Le Maire	Elle avance plutôt mal !	Déclaration optimiste du Maire Implication énonciative
	Finalement, j'ai encore bon espoir sur la mise en place de ce projet.	

Dans le débat

Intervenants	Interventions	Actions langagières
David	Dans les dix prochaines années, il y aura sûrement le clonage humain, qu'il soit autorisé ou pas	Déclaration sur le clonage humain
Alexandre	Mais alors, les limites de la science, elles sont où ? Il y a quand même des règles, non ? On peut donc cloner tous les animaux et un de ces quatre il y a bien quelqu'un qui va sortir un homme.	Question sur les limites de la science et les réglementations Déclaration sur le clonage humain support de la précédente
L'enseignante	Alors qui fixe les limites ?	Question
Alexandre	Parce que les gènes, une fois qu'ils sont introduits, ils ne sont pas fixes, ils peuvent se balader, faire des mutations, ils peuvent se transmettre	Argumentation plurielle sur des fondements génétiques
Michel	On a l'impression de connaître beaucoup de choses, mais par rapport à ce qui reste à connaître, il y a encore beaucoup à apprendre.	Argumentation sur les lacunes du savoir scientifique
L'enseignante	Cela ne sert à rien de faire n'importe quoi tant que l'on n'a pas la connaissance de tout ce qui peut se répercuter	Relance de la question
David	Alors qui est-ce qui fixe les limites ? vous en avez une idée ?	Déclaration sur la science Déclaration prescriptive sur le contrôle à exercer sur le politique
Michel	C'est-à-dire la science n'a pas de limite. Il y a quelques limites politiques, qu'il faut contrôler	Déclaration désabusée
Alexandre	On les repousse au fur et à mesure qu'on les franchit	Complément de la déclaration précédente
Marianne	De plus, pour connaître, il faut faire des expériences, c'est un cercle vicieux	Reprise de l'argumentation sur le clonage humain
	Cela pourrait être intéressant de cloner des gens, cela pourrait intéresser des militaires ou des lieutenants et pour travailler	Les autres élèves ne veulent pas réagir à l'argumentation de Marianne, non recevabilité (argument hors des valeurs communes)

OBJECTIVATION DES PRATIQUES EN FORMATION INITIALE D'ENSEIGNANTS DE PHYSIQUE – CHIMIE

Jean Marie Boilevin
IUFM Poitou-Charentes
Adresse personnelle :
47, Rue Joachim du Bellay
86000 POITIERS
Tél :05 49 45 57 77
Mél : jean-marie.boilevin@wanadoo.fr

Andrée Dumas-Carré
IUFM Aix-Marseille

La mise en place des Instituts Universitaires de Formation des Maîtres (I.U.F.M.) en 1991 s'est accompagnée d'un certain nombre de recommandations, notamment à propos de l'introduction de la didactique et de la nécessité d'une articulation entre théorie et pratique. Mais quelle formation proposer exactement et comment rendre opérationnel un tel type de formation ? Comment introduire la didactique ? Comment articuler théorie et pratique ? Telles sont certaines des questions posées actuellement à la recherche en éducation.

Dans notre travail (Boilevin, 2000) nous nous sommes intéressés à la formation professionnelle des enseignants de sciences physiques au sein des I.U.F.M. Nous avons montré que considérer celle-ci comme une recherche de professionnalisation conduit à mettre l'accent sur l'articulation théorie-pratique et à mettre en place un dispositif permettant la construction de savoir-faire réfléchis (des savoirs pratiques professionnels pour reprendre les termes de Porlan et al., 1998) en vue de la rationalisation des savoirs professionnels. Parmi ces derniers, nous avons particulièrement étudié ceux concernant

l'aide à la construction des connaissances scientifiques par les élèves au cours des interactions didactiques.

1. Cadre théorique

L'adoption d'un triple point de vue : épistémologique (les connaissances se construisent, doivent être validées et partagées par la communauté à un moment donné) ; psychologique (théorie socio-constructiviste sur l'apprentissage) ; sur la communication (les significations sont construites au cours des interactions) amène à reconsidérer le rôle de l'enseignant. Il n'est plus celui qui transmet des connaissances toutes élaborées sous forme expositive mais celui qui aide les élèves à en construire à l'occasion des interactions didactiques. Il devient alors un tuteur et / ou un médiateur (Dumas-Carré et Weil-Barais, 1995 & Weil-Barais et Dumas-Carré, 1998).
Le cadre théorique sur lequel s'appuie notre conception des interactions didactiques nous permet de définir un dispositif de formation proposant une articulation entre changement de conceptions et changement de pratiques, en s'appuyant sur une objectivation des pratiques enseignantes. Nous retrouvons ainsi certaines propositions de Altet (1996) autour de «la trialectique pratique-théorie-pratique». Le recours à l'analyse de pratique permet de sortir du discours normatif et du jugement de valeur : il s'agit d'une analyse compréhensive à l'aide d'outils conceptuels proposés par le formateur et reconstruits par le groupe de stagiaires. Ce type de dispositif permet une mise en contexte de savoirs théoriques tout en prenant en compte les pratiques réelles des enseignants ainsi que les contraintes liées au fonctionnement institutionnel. Ajoutons que l'originalité de notre dispositif apparaît dans la conception de la communication adoptée qui prend en compte les contenus d'apprentissage et les enjeux conceptuels, contrairement aux dispositifs de formation focalisés sur les aspects uniquement relationnels ou psychosociaux.
Si on fait l'hypothèse qu'une transformation contrôlée et stable des pratiques passe par l'objectivation, par les enseignants eux-mêmes, des interactions éducatives, il est nécessaire de disposer de descripteurs permettant une prise de distance par rapport à la pratique. La recherche en didactique peut alors apporter des outils pour analyser les pratiques de classe et particulièrement celles concernant la

construction des connaissances dans les interactions didactiques. Il convient alors de mettre en place une formation permettant l'objectivation des pratiques, notamment en formation initiale.
L'objet de cet article est de présenter l'analyse des outils d'objectivation construits par le groupe de stagiaires pendant la formation.

2. Dispositif de formation

La formation a lieu dans le cadre d'un I.U.F.M. ce qui entraîne des contraintes institutionnelles et matérielles. Le choix est fait de proposer cette formation dans le cadre de l'accompagnement au Mémoire Professionnel que doivent réaliser les professeurs stagiaires, la marge de manœuvre vis à vis des pratiques habituelles s'avérant plus grande. L'ensemble constitue un module de 25 h environ (sans compter les séquences de classe) réparti sur 1,5 ans et concerne un groupe de quatre enseignants volontaires.
Les activités comportent une partie élaboration d'une séquence de classe sous une certaine contrainte (appel à un modèle d'activité de résolution de problèmes[74]) - séquence prise en charge par les stagiaires eux-mêmes dans la classe où ils font leur stage en responsabilité - et une partie objectivation des pratiques, l'ensemble étant décomposé en plusieurs phases.
Au cours de la première phase de formation, les stagiaires analysent un corpus issu des travaux sur la résolution de problèmes de physique (Dumas-Carré, 1994). Cette analyse donne lieu à l'utilisation d'outils d'analyse des pratiques enseignantes issus des travaux du groupe « Médiation » (Dumas-Carré et Weil-Barais, 1995).

---

[74] Il s'agit d'énoncés ouverts de problèmes décrivant des situations non modélisées (sans conditions, sans valeurs numériques, …) pour lesquels les élèves sont appelés à modéliser la situation. Le travail en classe est organisé essentiellement en petits groupes. La communication intra groupe et intergroupe est encouragée et le professeur joue un rôle de tuteur et / ou de médiateur suivant le déroulement de l'activité. La pratique sociale de référence est le chercheur scientifique résolvant un problème. Certaines activités intellectuelles de la démarche scientifique sont retenues plus particulièrement.

Au cours de la deuxième phase, les stagiaires élaborent collectivement une séquence de classe présentant les caractéristiques nécessaires pour favoriser la construction des connaissances par les élèves. La séquence est ensuite mise en œuvre par chaque stagiaire dans sa propre classe. Le choix de l'activité de résolution de problème ouvert de physique (Dumas-Carré et Goffard, 1997) est fait pour amener les stagiaires à découvrir les moments de tutelle et de médiation.
Dans la troisième phase enfin, les stagiaires sont invités à analyser les transcriptions de leurs séquences de classe, individuellement puis en groupe, les axes d'analyse et les descripteurs étant laissés libres.
La quatrième phase est une phase de construction d'une nouvelle séquence s'appuyant sur les mêmes activités. Ce travail s'appuie notamment sur un bilan / retour (rétroaction) de la prise en main du modèle d'activité. L'objectivation des pratiques devrait conduire ici les stagiaires à transformer celles-ci en toute conscience.

3. Analyse des outils d'objectivation des pratiques

Pour réaliser l'analyse des outils d'objectivation des pratiques, nous recherchons les descripteurs utilisés spontanément par le groupe de stagiaires mais nous nous intéressons aussi au devenir des concepts issus de la recherche en didactique des sciences et proposés pendant la formation. Ce travail est réalisé à partir des transcriptions des séances de formation des deuxième et troisième phases.

3.1 Méthodologie

Nous procédons tout d'abord à une analyse lexicale. En effet, l'usage des mots est un révélateur de quelque chose ; les changements de mots montrent un changement d'orientation.
Ensuite nous étudions la conceptualisation, c'est à dire que nous recherchons la signification des mots pour le groupe, des liens entre les concepts pour mettre en évidence des significations partagées, signe de construction de connaissances.

3.2 Analyse lexicale

Nous procédons à un repérage et à une catégorisation des mots et de leurs substituts, concernant notre champ conceptuel, les plus souvent utilisés dans les transcriptions des séances de formation. Nous obtenons ainsi le champ lexical concernant les thèmes de la formation. Le passage par l'élaboration du champ lexical, travail empirique de repérage et de comptage, nous permet de montrer que le vocabulaire concernant les thèmes étudiés n'est pas très varié et de restreindre ainsi l'étude de la conceptualisation aux quelques descripteurs les plus utilisés.

3.3 Analyse de la conceptualisation

Il s'agit de rechercher la signification des descripteurs partagée par le groupe et quels liens existent entre ces mots.
Le choix des descripteurs retenus dans le champ lexical a lieu à partir de critères précis :

- le descripteur retenu doit traverser un maximum de séances de formation ;
- le descripteur doit être en rapport avec le thème de la formation mise en place
- le « poids » par rapport aux autres mots du champ lexical doit être important.

Par exemple, à partir de ces critères, nous avons retenu conflit, malentendu, médiation et tutelle.

L'analyse de la conceptualisation repose sur la construction de réseaux conceptuels. La constitution des réseaux s'appuie sur :

- un découpage thématique[75] des transcriptions « lissées »[76] pour obtenir le corpus

[75] Ce découpage thématique par épisodes (repérage des thèmes qui sont objets de discussion et dans quel enchaînement) est réalisé a posteriori. Dans la transcription de la séance de formation, les interventions verbales sont numérotées chronologiquement et les différents locuteurs sont distingués : le formateur est codé par la lettre F et les autres codes représentent les quatre stagiaires (NI désignant un locuteur non identifié).

- un repérage des descripteurs
- la fabrication des réseaux intermédiaires par épisode (autour de l'objet en transaction sur l'initiative du formateur ou des stagiaires)
- la fabrication d'un réseau global avec repérage des liaisons fortes et faibles pour résumer l'essentiel du processus

Des exemples de réseau intermédiaire concernant le concept de tutelle ainsi que le réseau global stagiaires figurent en annexe.

L'étude des réseaux intermédiaires «stagiaires» met en évidence les préoccupations des jeunes enseignants qui apparaissent centrées autour de six catégories principales : définition du concept, condition d'apparition, utilité pour l'enseignant, utilisation à des fins d'apprentissage, fonctionnement en classe, mise en contexte). Cette catégorisation permet de dégager les grandes lignes de l'objectivation des pratiques par le groupe des jeunes enseignants. Celle-ci apparaît centrée sur le côté pragmatique. Les aspects «fonctionnement» et «condition» sont le plus souvent mis en avant. En fait, les stagiaires construisent des outils fonctionnels ; les aspects théoriques sont peu explicites.

Les réseaux conceptuels obtenus mettent en évidence la construction de significations partagées. Nous montrons ainsi :

- une sensibilisation au concept de signification partagée
- l'amorce d'un changement de point de vue sur la communication
- l'amorce d'un changement de point de vue sur l'apprentissage (place du conflit socio-cognitif)
- l'amorce d'un nouveau point de vue épistémologique : prise en compte des activités de conceptualisation, objectivité et intersubjectivité scientifique

---

[76] Nous désignons par «transcription lissée» une transcription où les interventions verbales ont été éventuellement reformulées dans un français écrit pour faciliter la lecture, la langue parlée n'étant pas toujours exprimée dans un français académique.

- une attention particulière aux rôles du professeur : vers un changement de pratique ? ou un simple effet du modèle d'activité proposé ?

En tout cas, une certaine prise de recul par rapport à leur pratique apparaît chez les jeunes enseignants.

4. Rétroaction de l'analyse de pratique sur la conception de la séquence de classe

Pour différentes raisons, cette tentative est restreinte à l'étude de la conception d'une nouvelle séquence de classe (seuls trois professeurs stagiaires volontaires sur les quatre sont restés dans l'Académie de Poitiers et ont accepté en partie de poursuivre le travail entrepris, environ huit mois après la précédente séance de formation). Cette étude permet de valider l'hypothèse principale de notre recherche selon laquelle l'objectivation des pratiques enseignantes permettrait de modifier celles-ci.

Il s'agit de rechercher s'il existe des liens entre l'objectivation de leurs pratiques et les modifications de celles-ci. Cette étude s'appuie notamment sur :

le champ lexical propre à la dernière séance de formation ;

les réseaux conceptuels correspondants ;

une comparaison des documents élaborés par les stagiaires pour préparer les séquences de classe avant et après l'analyse de pratique.

Leurs conceptions des rôles du professeur et des élèves dans l'apprentissage de la physique apparaissent modifiés. L'objectivation de leurs propres pratiques a permis une déstabilisation de la «représentation naturaliste» décrite par Robardet (1995), a modifié la perception de la fonction du professeur de sciences et entraîné l'acquisition de savoirs pratiques professionnels par les enseignants en formation.

5. Conclusion

L'objectif de notre recherche n'est pas réellement de produire un changement de pratique mais plutôt de faire construire des outils qui permettent aux jeunes enseignants d'être conscients de leurs choix,

d'avoir un regard réflexif sur ce qu'ils font, d'élaborer une pratique pensée et organisée, en fait de véritables savoirs pratiques professionnels. Il n'est pas question pour nous d'être prescriptif et de leur dire ce qu'ils doivent faire et comment ils doivent le faire. Nous ne cherchons pas à remplacer intégralement un modèle d'enseignant par un autre. Il s'agit surtout de développer et de maîtriser ces rôles de tuteur et/ou médiateur, peu connus jusqu'à maintenant. Nous faisons des propositions ; pour cela, nous faisons construire des outils d'action et d'analyse par les jeunes enseignants mais nous leur laissons le choix, l'initiative et la responsabilité.

5.1 Evolution par rapport au cadre théorique

Nous avons montré au cours de notre travail que la conception des stagiaires à propos des rôles du professeur et des élèves dans l'apprentissage des sciences était modifiée à l'issue de la formation. Ce changement de conception semble s'accompagner d'un changement de pratique. La construction de savoirs pratiques professionnels, conduisant à une pratique réfléchie, confirme alors l'hypothèse principale de notre recherche. Les jeunes enseignants semblent prêts à changer d'habitus et à se diriger vers un type d'enseignement moins dogmatique et transmissif, permettant une meilleure construction des connaissances par leurs élèves aux cours des interactions en classe.

5.2 Résultats de notre recherche et la formation des maîtres

Rappelons tout d'abord que notre travail est une étude de cas dépendant de diverses variables : les enseignants (volontaires) ayant participé à la formation, les rôles tenus par le formateur, les aspects conceptuels de la discipline…
De plus, l'accent mis sur les processus de co-construction des connaissances montre que les résultats de notre recherche ne sauraient être utilisés tels quels. Les éléments du dispositif de formation mis en œuvre ne peuvent être considérés comme des outils clé en main.
Certains éléments sont particulièrement à prendre en compte pour une utilisation éventuelle en formation des maîtres :

- La nécessité de (re)construire les outils d'analyse avec le groupe de stagiaires et non de fournir simplement des outils élaborés par le formateur pour mettre en œuvre des significations partagées ;
- La nécessité de constituer et de garder une trace des pratiques de classe analysées pour d'une part «contrôler» les conceptualisations réalisées sinon la déstabilisation des conceptions initiales des stagiaires risque de ne mener à rien, et d'autre part, faciliter le processus de prise de conscience par les formés ;
- La nécessité de mettre en place des séquences de classe possédant des caractéristiques particulières. Le modèle d'activité de résolution de problèmes de physique est à cet égard un exemple de situation permettant de mettre en œuvre des interactions didactiques de type tutelle et médiation. Selon le type de pratique que l'on veut promouvoir, le modèle d'activité peut être différent.

Rappelons enfin que ce type de formation ne constitue qu'une partie de la formation professionnelle des enseignants, qu'il ne vise pas à remplacer intégralement les dispositifs de formation des maîtres mais propose de diversifier les parcours de formation. Il ne peut être conçu qu'avec un petit groupe de formés : ce type de mise en situation peut se réaliser dans le cadre du Mémoire Professionnel en I.U.F.M. ou bien dans le cadre de l'accompagnement des jeunes enseignants en formation continue.

REFERENCES

ALTET, M. (1996). Les dispositifs d'analyse des pratiques pédagogiques en formation d'enseignants : une démarche d'articulation pratique-théorie-pratique. In C., Blanchard-Laville & D., Fablet, (Eds), L'analyse des pratiques professionnelles (pp.11-26). Paris : L'Harmattan.

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.

DUMAS-CARRÉ, A. (1994). Une recherche débutante : analyse des pratiques médiatrices des enseignants dans différents contextes

d'apprentissage. In A. Dumas-Carré & A. Weil-Barais (Coord), *Essais d'objectivation et de transformation des pratiques médiatrices des enseignants dans l'éducation scientifique.* Rapport à mi-parcours. LIREST - GDSE P7 : Université Paris7. Recherche soutenue par l'IUFM de l'Académie de Versailles.

DUMAS-CARRÉ, A., & GOFFARD, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique. Concepts et démarches.* Paris : Armand Colin.

PORLAN, R. , AZCARATE, P. , MARTIN DEL POZO, R. (1998). Les champs de recherche professionnelle : une proposition pour former des enseignants. In A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg, (Eds), Formation à la médiation et à l'enseignement. Enjeux, pratiques, acteurs. Actes des XXè Journées Internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle (pp. 95-99).

ROBARDET, G. (1995). *La didactique dans la formation des professeurs de sciences physiques face aux représentations sur l'enseignement scientifique.* Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier, Grenoble 1.

WEIL-BARAIS, A., & DUMAS-CARRÉ, A. (1995). *Essais d'objectivation et de transformation des pratiques médiatrices des enseignants dans l'éducation scientifique.* Rapport final. Recherche soutenue par l'IUFM de l'Académie de Versailles. 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, et A. Weil-Barais, (Eds), *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique* (pp. 1-15). Berne : Peter Lang.

ANNEXE

Légende :

Les descripteurs sont notés dans des ovales ou bien dans des carrés quand ils appartiennent au champ lexical. De plus, les mots issus du champ lexical sont notés en gras pour mieux les faire apparaître, notamment lorsqu'ils figurent dans des expressions n'appartenant pas totalement au champ lexical.

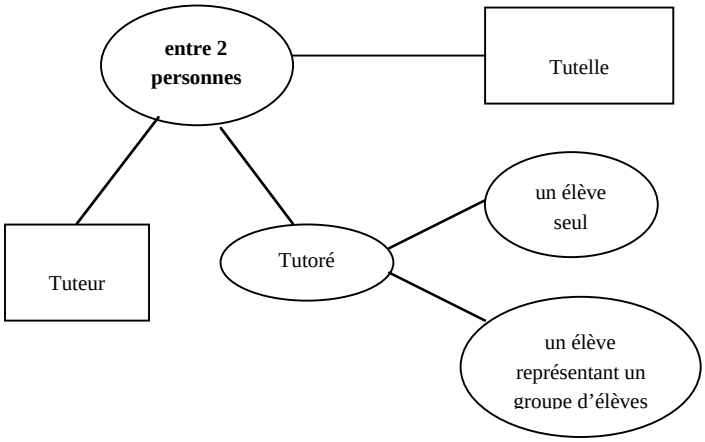
Les traits représentent une relation énoncée entre ces descripteurs dans le discours d'un ou de plusieurs locuteurs.

Les numéros apparaissant sur les traits représentent la chronologie.

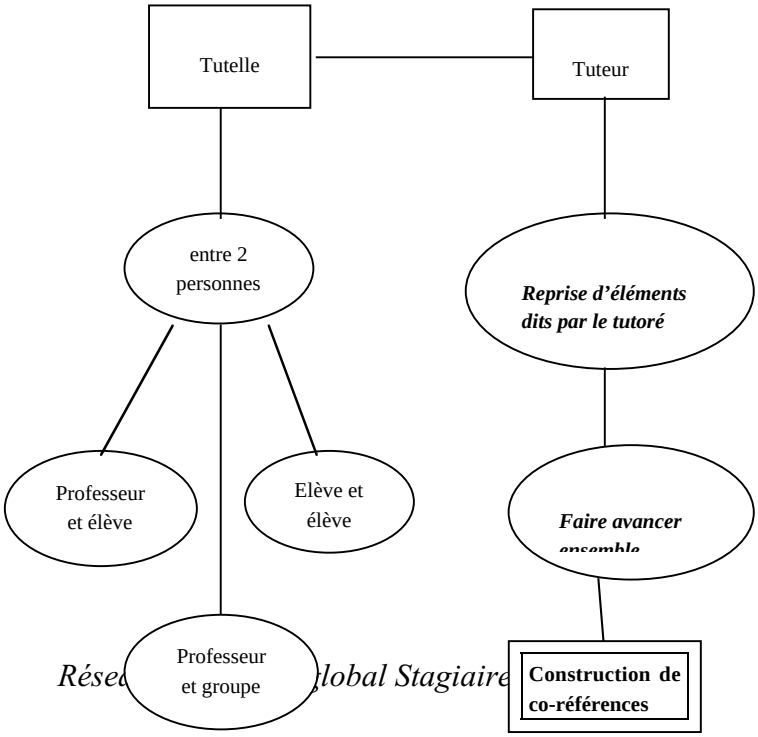
Enfin, la catégorisation de chaque épisode est notée à côté du numéro d'ordre de ce dernier.

Episode 9 **définition**

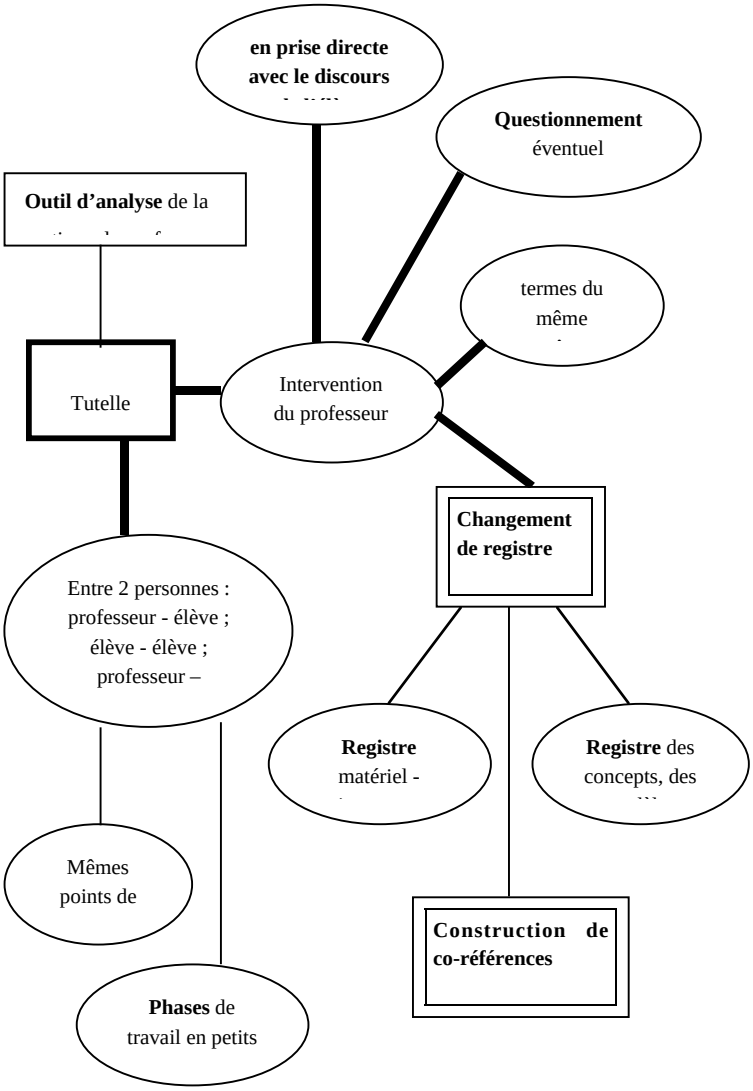
Episode 9 ***définition***



Episode 10 *définition - fonctionnement*



Réseau global Stagiaire



Les traits épais mettent en évidence les liaisons fortes au sein d'un réseau global, repérées à partir d'un comptage des liens au sein des réseaux intermédiaires.

COMMUNIQUER ENTRE PAIRS ET RESOUDRE DES PROBLEMES DE PHYSIQUE

Monique Goffard
Serge Goffard

LIREST

Notre étude concerne les pratiques des élèves au cours d'activités de résolution de problèmes papier crayon. Nous croisons deux analyses, celle du didacticien et celle du linguiste sémioticien pour tenter de préciser la manière dont les élèves, lorsqu'ils sont en groupe, réagissent, utilisent les connaissances qu'ils possèdent et élaborent ensemble des représentations des situations problématiques proposées.

1. Le cadre de la recherche

Les activités de résolution de problèmes proposées aux élèves ont été définies dans différents travaux (Gil Perez & al., 1987, Dumas-Carré A. et Goffard M. 1997). La résolution de problèmes y est considérée comme une activité de recherche, la pratique sociale de référence est celle du chercheur scientifique. Nous rappellerons que les élèves, travaillant en groupes, sont appelés, à partir d'un énoncé de problème plus ou moins ouvert, à modéliser la situation, préciser la question pour refermer le problème, émettre des hypothèses sur les facteurs pouvant intervenir sur la grandeur à déterminer avant de résoudre littéralement le problème et de mener une analyse critique des résultats et des hypothèses, pour les mettre en cohérence.
À chaque étape de la résolution de problème correspondant à une activité menée par les groupes de trois ou quatre élèves, les résultats des recherches sont affichés au tableau. Une discussion, animée par le professeur, de l'ensemble des productions des groupes s'engage alors, avant de passer à l'activité suivante de la résolution. Cette manière d'agir permet d'utiliser les possibilités des élèves, de confronter leurs points de vue et leurs représentations, de les travailler pour montrer

leur domaine d'application et leur(s) limite(s). L'affichage des résultats facilite les discussions dans la classe et permet de ne pas privilégier un dialogue maître-élève. Les rapports aux savoirs et aux pouvoirs ne sont pas ceux qui prévalent dans une situation de type transmission-réception.

Considérant, dans le cadre des théories socio-constructivistes de l'apprentissage, que les interactions jouaient un rôle important dans l'apprentissage (Dumas-Carré A., & Weil-Barrais A., 1998), nous étudions ici les interactions entre élèves dans un groupe de travail. La situation mise en place par l'enseignant favorise les interactions entre ces derniers, entre eux et les situations problématiques posées. La communication orale entre élèves qui est favorisée permet d'accéder à leurs représentations et aux significations qu'ils attribuent aux concepts de physique.

Pour analyser ces échanges, les résultats de la linguistique fonctionnelle seront mobilisés. Cette théorie est fondée sur la notion de fonction du langage. Elle considère ce que permet de faire le langage et comment il le fait. Le contexte social est alors un point de départ, sur lequel le langage agit, et d'arrivée, puisqu'il influence les pratiques langagières. Le langage est analysé en quatre strates (contexte de situation, sémantique, lexico-grammaire et grapho-phonologie), nous ne les mettrons pas toutes à l'étude ici. Le contexte concerne ce qui se construit, les rôles des participants et leurs relations sociales et les aspects du canal de communication (mono/dia-logique, oral/écrit, *in praesentia*/ *in absentia*, etc.). La sémantique inclut la pragmatique et est répartie entre trois composants : cognitif (les contenus propositionnels), interpersonnel (échanges, attitudes, évaluations, etc.) et textuel (structuration des énoncés en discours, progression thématique, information donnée/nouvelle, etc.). Le niveau de la lexico-grammaire étudie l'organisation syntaxique des énoncés, donc la formation des différents rôles (agent, patient, bénéficiaire, etc.).

2. Les questions que nous nous sommes posées

En étudiant l'ensemble des transcriptions réalisées nous cherchons à savoir : comment s'organise ou non la coopération entre élèves dans le groupe et quels en sont les effets sur la représentation que chacun se fait de la situation ? De quels objets les élèves parlent-ils pour débattre et comment s'autorisent-ils à en parler ? Notamment, à partir de l'approche du concept d'énergie qui est faite dans les programmes, quels éléments de ce concept leur paraissent pertinents pour décrire des situations de physique dans lesquelles il peut intervenir.

3. Méthodologie

L'expérience s'est déroulée dans une classe de Première Scientifique du lycée Henri IV à Paris. Le programme d'étude de la classe porte sur le concept d'énergie et les programmes en vigueur sont ceux de 1988 à 1993. L'approche de ce concept, durant ces années-là, est voisine de celle des programmes qui s'appliqueront à la rentrée 2001. À l'occasion d'un projet d'établissement, les élèves, par demi-classe (16 élèves) ont eu, pendant un semestre, une séance supplémentaire de 1h 30 par semaine consacrée exclusivement à la résolution de problèmes avec leur professeur de physique. À chaque séance nous avons enregistré en vidéo le travail d'un groupe et les discussions qui ont lieu durant les mises en commun.

D'un point de vue méthodologique, nous avons utilisé, pour décrire le corpus, les types de "co-élaboration" définis par Gilly et al (1988) dans le cas de résolution de problèmes en dyades. Ces auteurs insistent sur l'engagement actif des sujets pour une collaboration efficace. Il nous a paru que l'analyse du langage était un moyen de préciser l'engagement de chacun.

Du point de vue du linguiste, le corpus est constitué par l'énoncé (Bakhtine M., 1984), qui s'ouvre par la première prise de parole d'un membre du groupe et se clôt par la dernière (ici, le passage au tableau pour inscrire les résultats). Les deux énoncés ainsi constitués par les deux groupes étudiés sont inclus dans des énoncés plus vastes, répondant à d'autres objectifs, d'échanges en demi-classe. Nous avons

analysé, plus particulièrement, les progressions thématiques, les relations interpersonnelles, les lexiques employés et les procès exprimés par les verbes (Halliday M.A.K., 1994).

4. Analyse des tâches proposées aux élèves

Nous avons proposé aux élèves, dans l'ordre et à la suite l'une de l'autre, trois situations problématiques

- La première : "on jette un objet, jusqu'à quelle hauteur monte-t-il ?" après une brève discussion par groupes, un consensus s'établit dans la classe pour étudier un lancer vertical vers le haut, les frottements étant considérés comme négligeables devant les autres actions. Ce problème se ramène à un cas envisagé dans plusieurs manuels : on lance un objet verticalement vers le haut avec une vitesse initiale v_0 (valeur numérique indiquée), déterminer l'altitude atteinte sachant que $g = 9{,}8\ m/s^2$. Ce problème simple en apparence est en fait une source de difficultés pour les élèves qu'un travail précédent (Caillot M. & Dumas Carré A., 1987) nous avait révélées. Quel découpage spatio-temporel envisager ? Il y a deux phases dans la situation, mais il est sous entendu dans l'énoncé classique que le problème concerne la phase où l'objet, déjà lancé, n'est soumis qu'à son poids, or les élèves s'interrogent justement sur le lancer de l'objet. La deuxième phase sur laquelle porte le problème dépend de la première mais comment ? La force qui a propulsé l'objet intervient-elle dans le bilan des forces à faire ?

  Nous avons demandé aux élèves de formuler des hypothèses sur les facteurs qui interviennent sur l'altitude atteinte par l'objet au cours de la montée. Nous avons enregistré le discours des élèves, c'est lui que nous analysons, il permet d'accéder à leurs raisonnements.
- Le deuxième problème correspond à un lancer vertical avec force de frottement constante. Il découle du premier, fait suite aux prévisions des élèves sur l'intervention de la masse comme facteur susceptible d'intervenir sur l'altitude atteinte par l'objet (si la masse de l'objet augmente, l'altitude atteinte est moins grande). Il correspond à la nécessité de répondre aux interrogations formulées. De plus le cas était bien venu de faire distinguer aux

élèves énergie cinétique et vitesse. En effet, si on lance deux objets de masses différentes à la même vitesse, et s'ils sont soumis à une force de frottement constante, le plus lourd monte le plus haut car son énergie cinétique est alors plus grande, mais si on lance à énergie cinétique égale, c'est effectivement ce que prévoient les élèves qui arrive. Le problème a été traité en demi-classe, dans la foulée du premier et à partir des résolutions affichées au tableau. Les changements qui intervenaient dans les relations ont été envisagés pour aboutir à une relation littérale incluant une force de frottement. Une analyse des résultats a permis de conclure sur le rôle de la masse dans ce problème. Les élèves n'ont pas eu à travailler en groupe, seule la discussion qui a eu lieu entre professeur et élèves a été enregistrée, nous ne l'analyserons pas.

- La troisième situation problématique est qualitative, la question est la suivante : "on laisse tomber un objet, il est soumis à une force de frottement dont la valeur est proportionnelle à la vitesse, décrire son mouvement".

L'objectif est évident pour des didacticiens, il y a un obstacle connu à surmonter : à un moment l'objet qui tombe est soumis à une somme de forces nulle, que fait l'objet ? Les élèves vont-ils considérer que la vitesse de l'objet devient alors constante ou parlent-ils d'équilibre ? C'est donc là encore un moyen d'accéder à leurs représentations d'une situation physique, après des mois d'enseignement.

5. Eléments d'analyse

5.1 L'affichage au tableau

Après les discussions intra-groupes que nous analysons, les élèves écrivent au tableau les résultats de leurs recherches. Nous repérons les élèves par des initiales.
A. et D. ont travaillé sur la situation « on lance un objet vers le haut ». Les résultats qu'ils affichent traduisent les discussions qui ont eu lieu entre eux et les interrogations qui demeurent sur les rôles de la force de la main et de la masse de l'objet lors du lancer. E.J. et N. qui ont abordé la troisième situation sont les seuls de la classe à envisager une

égalité entre force et vitesse. À la lecture du tableau et lors de la discussion de classe, les élèves réagissent par « alors là ! Hou là là ! » répétés plusieurs fois. La classe a essayé de comprendre ce que les élèves avaient voulu écrire. Nous avons eu la chance d'enregistrer ce groupe et nous pouvons essayer de connaître ainsi son cheminement qui aboutit à une représentation bien connue des didacticiens. Plus généralement, comment les élèves arrivent-ils aux résultats avancés ?

5.2 La coopération

En étudiant les échanges de chacun des deux groupes, il est possible d'établir que les élèves coopèrent pour résoudre les problèmes qui leur sont proposés.
En premier lieu, la **cohésion** de ces échanges est forte. Elle est marquée par :

- des progressions thématiques sans rupture d'isotopie (le même sujet de discussion occupe l'ensemble des échanges, les mêmes mots sont repris d'une intervention à l'autre soit au début – dans le Thème, soit à la fin – dans le Rhème). Il apparaît même que, sur un point de discussion délicat, les élèves conjuguent leurs interventions sur un même Thème:

  15 D. : Ben /c'est la vitesse que tu lui donnes/ ça dépend de la vitesse/ la puissance
  16A. : ça dépend déjà de l'intensité
  17 D. : de l'intensité de la force
  18 A. : et ça dépend de la vitesse- ah/ mais ouais/ ça dépend de la puissance/ exact
  19 D. : ça dépend de la puissance, c'est-à-dire du travail exercé

- les Thèmes des très nombreuses interventions commencent par des éléments (dits "textuels ") qui ont pour fonction de montrer que le locuteur se réfère aux propos déjà tenus : *oui mais ; eh ben ; oui ? ; alors ; et ; regarde ; attends ; va-(z)-y ; dis donc* ou qu'il les complète : *parce que si… ; donc* ;

  96 E. : il y a la force de réaction
  97 J. : de la main
  98. E. : de la main
  99 J. : au départ

- un emploi assez fréquent du pronom *on*. Cela permet de neutraliser les oppositions de personne (donc de points de vue), d'impliquer de façon légère les membres du groupe dans l'intervention, tout en leur laissant la possibilité de se démarquer ensuite.
- enfin, les élèves s'évaluent, mutuellement, de façon positive. Ils plaisantent :

    6. D. : (s'adressant à la personne qui filme) : prenez-la comme ça / en train de faire ses …

    7. A. : ah / non ! (rit et se rassoit, puis se relève) / je peux pas le refaire ! (…)

Ou savent mettre en scène de façon ludique leurs oppositions :

107 E. : pourquoi pas ? mais pourquoi pas ?

108 J. : oui / pourquoi pas ?

109 N. : pourquoi pas ? parce que pourquoi pas ! (rires)

En second lieu, la **cohérenc**e sémantique est remarquable. Un petit nombre d'isotopies est mis à contribution pour tenter de résoudre le problème. E., J. et N. utilisent tous trois les mêmes 4 mots (*force ; vitesse ; objet ; poids*) de l'isotopie //mécanique//, A. et D. en ont 10 en commun, avec 2 mots issus de //école//. La situation de travail de groupe paraît donc bien acceptée, puisque les échanges sont ainsi très fortement concentrés sémantiquement. A., lorsqu'elle veut rendre concret son raisonnement, puise ses exemples dans le lexique scolaire (*bouquin ; craie ; stylo ; balle ; truc*).

L'analyse du discours des élèves éclaire la description que l'on peut faire en utilisant les catégories de co-élaboration établies par Gilly et al. Entre A. et D., plusieurs modes de travail coexistent au cours de la discussion qui dure 9 minutes. Il y a d'abord confrontation avec désaccord. A. fait une proposition :

3 A. : Hé !(avec geste) l'intensité de la force

Mais D. qui a déjà vu la solution de ce problème dans un livre, refuse la proposition en opposant deux autres facteurs mais sans argumenter, il ne sait pas justifier le résultat du livre.

4 D. : **ça** dépend de la vitesse avec laquelle on lance / vitesse / pesanteur

Suit un épisode de co-construction (16,17,18,19). L'un reprend les phrases de l'autre en les poursuivant. Sous l'impulsion de A. qui

cherche un accord, D. finit par s'impliquer et le résultat de leur accord est écrit au tableau. Au cours de la discussion sur le 2ème facteur : la masse de l'objet, il y a confrontation avec désaccord qui devient contradictoire lorsque D. argumente. C'est D. qui pose le problème

> 29 D. : la masse / la masse / il y a un problème de masse / non ?

Il connaît le résultat vu dans le livre, mais ce résultat le gêne, D. Passe de l'incertitude à l'affirmation après avoir vu le livre

> 31 D. : justement / je suis pas sûr que la masse joue grand chose
>
> 38 D. : ça n'a rien à voir / ça dépend de la vitesse / ça dépend pas de sa masse

5.3 L'implication

Il est possible de l'évaluer en étudiant les marques de l'énonciation, en particulier celles de la Personne. Deux stratégies sont adoptées par les locuteurs. Ou bien le locuteur choisit de ne pas s'impliquer, ne faisant intervenir dans ses interventions que des objets qu'il sélectionne (comme E. le fait), ou bien il choisit de s'établir dans l'énoncé (emploi de *je, tu, vous*). Dans ces travaux de groupes, lorsque la discussion prend un tour contradictoire ou qu'un(e) élève cherche à imposer son point de vue aux autres, les marques de l'interlocution apparaissent.
E., confronté à une argumentation qu'il ne reçoit pas, ne parvenant plus à rester dans l'objectivité, est conduit à se poser comme développant un point de vue personnel, en 110, " Ce que **je** dis ". A. adopte dès le départ (en 5) cette stratégie (" si t**u** lances comme ça "). Elle prend son interlocuteur à témoin et joint le geste à la parole. Ce qui provoque une réaction de retrait de la part de D. qui récuse cette façon de l'investir. Il n'entre pas dans son jeu et le met à distance en s'adressant à la personne qui filme. Une fois la distance rétablie, il accepte de discuter, en son nom propre, le point de vue d'A. L'engagement d'A. se manifeste encore par l'usage des superlatifs ou des adverbes "parlant". Elle essaye de convaincre D. en employant des arguments chiffrés, plus physiques (43) mais aussi phénoménologiques, lorsqu'elle dit « plus attiré ».

> 37 A. : Regarde / si **tu** lances un truc **hyper** lourd / tu / vas avoir **vachement** de mal à lancer que //

> 43 A. : Attends / **je** t'explique un truc (véhémente**)** : s'il est lourd P va être plus important / OK ? Et P quand **tu** lances un objet / il a un travail résistant // Donc / plus P est grand / plus le travail résistant est important et donc moins il va aller haut / Il va être **vachement plus** attiré
> 45 A. : Non / mais **c'est con de regarder dans le bouquin //** Si **tu** prends un truc de 10 kg / il est **vachement plus attiré** par la terre qu'un stylo // Il va avoir **vachement plus** tendance à descendre qu'un stylo // Regarde la chute libre / la chute libre / si **tu** lances un truc de 10 kg //
> D. finit par s'impliquer.
> 46 D. : Là / **je** suis pas d'accord // **Moi je réfléchis** / **je** me dis qu'on va déterminer la vitesse pendant la montée avec le théorème de l'énergie cinétique // Si tu passes comme ça / tu vas arriver à simplifier m de chaque côté / en considérant qu'il y a pas de frottements // Donc / à la rigueur / m / tu en as rien à foutre // Pardon (au micro, rires).

5.4 Des fonctionnements et des constructions différents

Les deux groupes sont cohésifs et impliqués, et pourtant, ils affichent des résultats sous des formes très différentes. A. et D. écrivent leur désaccord, alors que E. J. et N. donnent un résultat. Nous faisons l'hypothèse qu'une des raisons de cette différence tient à leurs modes de fonctionnement. Leurs façons de s'exprimer donnent quelques indications.

A. et D. coopèrent, en échangeant constamment. Chacun reprend les propos de l'autre pour les examiner, les compléter, les accepter ou les contredire. Mais, ce qu'ils échangent, ce sont moins des déclarations concernant les objets que des raisonnements (43, 45, 46). A. et D. tentent d'élaborer des représentations du problème qui fonctionneraient comme une sorte de modèle. Ils cherchent à articuler leurs points de vue pour qu'ils deviennent opératoires.

La discussion permet à D. de construire une représentation du phénomène qu'il n'avait pas au début. Même si la solution du livre l'aide, il manifeste son incompréhension sur le rôle de la masse et avoue :

> 68 D. : Je me souviens bien / dans le bouquin ça m'avait étonné

Il arrive à expliquer à A. ce qui lui était au départ incompréhensible.

60 D. : Oui / ça dépendra de l'intensité de la force // Si tu dis que je vais le lancer à 15km/h / que tu lances un truc d'1 tonne ou un truc de 1kg / ça reviendra au même / il va à la même hauteur / c'est une question de vitesse//

61 A. : Oui / si tu lances / si tu arrives à lancer à la même vitesse //

62 D. : Voilà c'est ça / je te dis que la masse joue pas pour la hauteur / c'est la vitesse qui joue //

66 D. : // Donc / si c'est plus lourd / la masse joue pas dans la hauteur / mais dans la puissance de la force qu'il faudra mettre //

Quant à A., elle reconnaît sa difficulté à convaincre D (qui s'appuie sur le livre). Mais le résultat du livre ne la satisfait pas. À l'autorité du livre, elle oppose celle du professeur, qu'elle appelle. Elle prend conscience d'une contradiction et maintient son opposition, qu'elle affiche au tableau.

78 A. : Mais son truc / je suis d'accord et le mien aussi //

Ce dont A. veut parler n'est pas ce qui est dans le livre, elle cherche à mettre en relation ce qu'elle perçoit de la réalité et les concepts physiques qu'elle a appris. Même si le savoir du livre ou celui du professeur font autorité, ils sont en partie inopérants et restent à construire par les élèves. Ce qui intéresse A. et D. est leur savoir et ils osent afficher un non-résultat (en espérant probablement avoir la réponse ultérieurement).

Lorsqu'ils discutent, ils échangent des raisonnements (implications) qui construisent des relations de cause à effet, ils comparent leurs points de vue et tentent de les rapprocher en précisant ces relations, par reformulations successives

E., J. et N. procèdent autrement. Si N. questionne, discute, essaie de se représenter l'événement et de faire partager sa représentation, si J. interroge ses camarades et les pousse à conclure, E. pose d'emblée son point de vue sur le problème (c'est lui qui en nomme les éléments, J. et N. reprennent ses termes), évitant de s'impliquer dans ses propos (absence de *je*) et établissant des jugements attributifs sur les objets dont il parle. Il relie, par des verbes exprimant un procès relationnel (de type « être »), un objet (*vitesse, force, poids, frottement*) et une

qualité évaluée (proportionnalité, augmentation, diminution). Dans le meilleur des cas, il parvient à une implication inachevée :

> 73 E. : On peut en déduire que **si** v augmente / F va augmenter // **si** la vitesse de l'objet augmente / la force de frottement augmente,

puisque le *si* n'est pas complété par un *alors* corrélatif, qui expliciterait l'implication logique.

Ses deux interlocuteurs lui répondent sur le même patron de phrase, ce qui aboutit à une accumulation de jugements qui s'opposent, jusqu'à ce que l'un des élèves cède en acceptant de prendre en compte un élément avancé par les deux autres. Mais, parce qu'il a accepté de coopérer, E. ne peut faire abstraction de ce que disent J. et N., il a besoin de leur assentiment et leurs remarques le conduisent à des comparaisons ou à de nouvelles propositions. Un énoncé de N. conduit E. et J. à comparer deux forces mais sous forme d'hypothèse ou de résultats, sans expliciter leurs raisonnements :

> 84 N. : Si la force de frottement est plus grande que le poids P / eh ben / l'objet / il atteindra jamais le sol //
>
> 85 E. : Peut être / au fur et à mesure / quand la vitesse augmente / la force de frottement augmente jusqu'à égaler la force // l'intensité du poids //
>
> 86 N. : C'est toujours proportionnel / elle pourra jamais égaler //
>
> 87 E. : La vitesse / elle va augmenter / F va augmenter / à un moment / F va être égale à P en norme //

Devant le refus de la proposition d'E. par les autres membres du groupe :

> 117 J. : Mais de toute façon / si cette force est égale à celle-là / eh ben / l'objet / il est en équilibre //
>
> 118 E. : Oui (perplexe) //
>
> 119 N. : Non / je pense pas //
>
> 120 J. : Je peux écrire là-dessus ? // Si lui / il est soumis au poids et il est soumis à une force de frottement / il est en équilibre là (gestes des bras, descendant et s'arrêtant brutalement) //

E. en tire une autre proposition - à laquelle aucun des membres ne croit - mais qui sera écrite au tableau :

121 E. : Non / mais / est ce que c'est possible ? d'après vous / que la valeur de la vitesse soit égale à la valeur de F ? ça c'est possible ça ?

De son côté, N. évolue au cours de la discussion et finit par se faire une opinion, qu'elle va essayer de défendre en argumentant. Elle énonce, dès le début (18), que, si la vitesse augmente, la force de frottement augmente, mais, ne tenant pas compte explicitement du poids de l'objet ne sait pas vraiment si la vitesse change sous l'action de la force de frottement ou si la force de frottement augmente lorsque la vitesse augmente. Quelle relation existe entre les deux ? Elle énonce un résultat qu'E. et J. jugent incompatible :

29 N. : La vitesse de l'objet / qui a tendance à augmenter avec la force de frottement / va rester constante //

La discussion lui fait admettre que la force de frottement augmente lorsque la vitesse augmente :

32 N. : Ah oui / c'est ça / la force va augmenter en même temps //

Elle est alors convaincue que la vitesse augmente :

61 N. : La vitesse augmente toujours de toute façon

et elle défend son point de vue en argumentant de différentes façons :

- en prenant un exemple qui lui paraît une évidence et, sans développer son raisonnement, essaye d'emporter l'adhésion de l'autre :

  63 N. : Si tu fais tomber un foulard //

  64 E. : oui ?

  65 N. : eh ben / la vitesse augmentera même s'il y a toujours des frottements // Donc la vitesse augmente // L'objet tombe / la vitesse augmente //

- en sous entendant que le mouvement a toujours lieu dans le sens de la force la plus grande

  77 N. : L'intensité du poids est plus importante que l'intensité de la force de frottement parce que si la force //

  84 N. : Si la force de frottement est plus grande que le poids P / eh ben / l'objet / il atteindra jamais le sol //

- en prenant un exemple chiffré et en faisant la confusion entre la force de frottement, la vitesse, le poids de l'objet :

  104 N. : Oui mais si la vitesse est 10 mètre seconde et la force de frottement c'est // j'sais pas moi // 5 / après / si tu as avec 20

> / ça sera multiplié par 2 / ça sera 10 / ce sera jamais plus grand //

Devant l'incrédulité des autres, qui lui demandent pourquoi la force de frottement ne peut pas égaler le poids, elle semble abandonner : (107-108-109 déjà cités). Mais repart à l'assaut, en s'impliquant (pronoms personnels) et en cherchant à enrôler les autres, elle regroupe les termes communs utilisés jusque-là (*vitesse, augmente, proportionnel, force de frottement*). Elle exprime une relation affective forte avec son point de vue :

> 114 N. : Justement la vitesse // la vitesse de **mon** objet a augmenté la force de frottement aussi / mais ça peut pas l'égaler //
>
> 115 J. : La force de frottement peut pas égaler le poids ?
>
> 116 N. : Non / non **/ regarde** / si **tu** prends 10m/s et que les forces de frottement / 5N // Si **tu** prends ensuite 20 mètre seconde / **vous êtes d'accord avec moi** que la vitesse va augmenter proportionnellement ///

Au cours de leurs échanges, E. est déstabilisé. N. considère que le mouvement a lieu dans le sens de la force la plus grande et J. penche pour l'équilibre de l'objet si la somme des forces qui s'exercent sur lui est nulle. Ce qu'E. essaye de construire : à un instant F=P, est irrecevable par les autres et le devient aussi pour lui.

5.5 Premiers éléments de discussion

A. et D. inscrivent au tableau les résultats de l'ensemble de leurs débats, alors que E., J. et N. notent ce à quoi ils sont parvenus au moment où il faut qu'ils arrêtent de discuter. D'un côté, un bilan, de l'autre un instantané. Nous faisons l'hypothèse que cette différence résulte de leurs façons différentes de construire leurs échanges. E., J. et N. accumulent des jugements attributifs sans parvenir à les articuler en un raisonnement opératoire – ce qui conduit au blocage, alors que A. et D. essaient de concilier des implications – ce qui leur permet de récapituler, au moment du constat de désaccord. Cela conduit à quatre questions : cette façon de penser d'E., J. et N. constitue-t-elle une étape nécessaire pour certains élèves ? Ne faudrait-il pas les engager à ne pas s'arrêter au stade des jugements attributifs pour en arriver à construire des implications ? Comment les y conduire ? Et, dans ces conditions ne doit-on pas chercher à établir des critères pour les

valider ? Cela permettrait d'établir, explicitement, les règles qui président à un débat à caractère scientifique, donc de passer d'un genre premier du discours à un genre second (Bakhtine M., 1984, Goffard S., 1997).

5.6 Quels sont les concepts utilisés par les élèves ?

Nous n'évaluerons pas les raisonnements qui apparaissent dans le débat en termes de « juste ou faux ». Les élèves sont en apprentissage, ils ne peuvent pas avoir intégré toutes les relations qui lient force et énergie, ni toutes les propriétés de ces concepts. Leurs raisonnements possèdent une validité qui leur permet d'avancer dans leur réflexion, elle est limitée et les élèves éprouvent des difficultés de cohésion sémantique.

Le terme le plus employé, notamment par D. (17 fois sur 22) est celui de *vitesse* (ou *vite*, dans l'expression + *ou* - *vite*). Il a lu le livre et sait que l'altitude atteinte dépend de la vitesse.

Ce qui est remarquable est le peu d'interventions qui portent sur l'énergie.

L'énergie cinétique (citée 4 fois, dont une dans l'expression *théorème de l'énergie cinétique*) est assimilée à la vitesse. Quand ils parlent de travail (cité 10 fois) c'est la partie force du travail qui est prise en compte dans l'expression « *travail de la force* » ; ou encore, pour convaincre D. que la masse intervient, A. utilise l'argument : le travail du poids est résistant et insiste sur le côté plus ou moins lourd, plus ou moins attiré. La confusion entre travail et force est perceptible (85) :

> 82 D. // donc / à partir de ce moment-là / l'énergie cinétique ou la vitesse rentre en compte //
>
> 85 A. : il va falloir compenser le travail du poids par l'intensité de la force ?
>
> 86 D. : non / par la vitesse // (on aurait pu attendre le terme énergie cinétique)

Pour arriver à un accord sur le facteur « force de la main », les élèves font intervenir la puissance. De fait, ils connaissent une relation liant puissance, force et vitesse, c'est semble-t-il cette relation qui est sous jacente aux tours de paroles 15 à 18 que nous avons évoqués. Mais qu'est-ce que la puissance ? c'est aussi le travail exercé (19), le travail de la force du bras (21) ou la puissance de la force qu'il faudra mettre

(66). Pour la deuxième situation problème le concept d'énergie est inutile.
Les concepts qui leur paraissent les plus performants pour décrire les phénomènes sont ceux de vitesse et de force. Ce résultat confirme ce que nous avions déjà noté lors de l'analyse des deux entretiens précédents (Goffard M. & Goffard S., 2001). La séance enregistrée se situe à la fin du mois de décembre après un trimestre d'enseignement du concept d'énergie, commençant par l'énergie cinétique, le travail, le théorème de l'énergie cinétique avant d'aborder la conservation de l'énergie mécanique. Au moment où se place la séance, l'enseignement du concept d'énergie est pratiquement terminé et les élèves ne l'utilisent pas…

6. Autres éléments de discussion et conclusion

Nous avons présenté l'étude de deux cas mais les quatre groupes que nous avons étudiés ont des fonctionnements différents, nous ne tirerons pas de conclusions générales, nous ne faisons que soumettre quelques points à la discussion.

- Le recours à l'analyse linguistique permet au didacticien de prendre en considération l'influence qu'exercent les relations interpersonnelles sur les apprentissages en physique, (Goffard S., 1998) d'étudier l'organisation de la coopération entre pairs (le contrat implicite qu'actualisent la cohésion et la cohérence linguistiques de l'énoncé) et d'analyser comment les élèves mettent en mots leurs représentations du problème et comment elles évoluent au cours de l'échange entre pairs.
- La verbalisation par les élèves de leurs actes et ce qui est affiché au tableau ne rend pas compte de la discussion qui a lieu entre les élèves ni de ce qu'ils construisent. Ces résultats ne sont pas nouveaux, mais ils se trouvent confirmés ici. Ce qui est affiché par E., J. et N. est ce à quoi ils sont parvenus avant d'aller au tableau non le résultat de toute leur discussion.
- Il y a plusieurs savoirs en jeu : ceux du livre et du professeur qui servent de référence et sont plus ou moins acceptés, mais ce dont les élèves parlent n'est pas toujours le savoir enseigné. Ce qu'ils expriment est leur manière de percevoir les phénomènes physiques proposés. Certes, ils évoquent des concepts vus en cours. Mais si

> certains groupes essayent de mettre en relation ce qu'ils apprennent et ce qu'ils perçoivent, d'autres donnent l'impression que le savoir enseigné est peu utile. En tous cas, ce savoir n'est pas toujours opérant. Dans tous les cas, les discussions montrent qu'ils reste à construire et qu'il ne suffit pas de dire ou de montrer pour atteindre à l'efficacité. Si le travail des didacticiens sur les conceptions est important et commence à être connu, la question qui demeure est que fait-on de ces conceptions ? Il ne suffit pas que les maîtres les connaissent et essayent de les « rectifier ». Les tâches proposées aux élèves au cours de cette recherche, la mise en groupes, l'affichage au tableau et les discussions sont des conditions qui permettent aux élèves d'interroger leurs représentations et de les comparer à celles que la physique construit. Il convient, pour les concepteurs de programmes et les enseignants, de penser aux conditions de passage du référent empirique (domaine des phénomènes, connaissances déjà possédées…) au registre des modèles construits en physique. (Martinand, 1994)

A la suite de l'étude menée, nous constatons que le concept d'énergie est le grand absent du discours des élèves. Nous pensons qu'aborder ce concept par ceux de travail, d'énergie cinétique et par le théorème de l'énergie cinétique ne permet pas au élèves de construire une représentation des phénomènes en termes d'énergie. Les propriétés de conservation, mise en réservoir, transfert, de l'énergie ne sont pas introduites ainsi. Les travaux des didacticiens de la physique ont conduit à une approche de ce concept par les chaînes énergétiques. Lemeignan et Weil-Barais critiquaient en1993, les programmes de 1988 et précisaient "L'escamotage de la chaîne énergétique ayant été opéré, il n'est plus possible d'effectuer une distinction claire entre l'énergie et les transferts d'énergie. On aboutit ainsi à des formulations très ambiguës.(...) Le travail est ainsi raccroché à la force et non à l'énergie en tant que forme de transfert d'énergie." Dans ce cadre ne faut-il pas regretter les choix faits par les concepteurs des programmes qui s'appliquent en 2001 ? Mais Tiberghien et al. (1994) montrent bien que ces différentes approches résultent de choix épistémologiques et de références aux savoirs et pratiques sociales différents.

REFERENCES

BAKHTINE, M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Paris : Gallimard.

CAILLOT, M. & DUMAS CARRÉ, A. (1987). PROPHY : un enseignement d'une méthodologie de résolution de problèmes de physique. In J. Colomb, & J.-F. Richard (Eds.), *Résolution de problèmes en mathématique et Physique. Rapport de recherche* (pp. 199-244*),* 12. Paris : INRP

DUMAS CARRE, A. & GOFFARD, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique*. Paris : Colin

DUMAS CARRE, A. & WEIL-BARRAIS, A., (dir.) (1998). *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. Berne : P. Lang.

GILLY, M., FRAISSE, J. & ROUX, J.-P. (1988). Résolution de problèmes en dyades et progrès cognitifs chez les enfants de 11 à 13 ans. Dynamiques interactives et socio-cognitives. In A.-N.Perret-Clermont & Nicolet (Eds.), *Interagir et connaître* (pp. 73-92). Cousset, Fribourg : Delval

GIL PEREZ, D., MARTINEZ TORREGROSA, J. & SENENT PEREZ, F. (1987). La résolution de problèmes comme activité de recherche : un instrument de changement conceptuel et méthodologique. *Petit X*, 14-15, pp. 25-38.

GOFFARD, S. (1997). *Entrer dans l'écrit : les genres du discours*. sl : CRDP de l'académie de Créteil.

GOFFARD, S. (1998). Quelles contributions (et à quelles conditions) une analyse linguistique peut-elle apporter à la réflexion des didacticiens ? In *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*, sous la direction de A. Dumas Carré et A.Weil-Barais, Peter Lang.

GOFFARD, M. & GOFFARD, S. (2001). Coopération entre élèves lorsqu'ils construisent une représentation d'un problème de physique : analyse didactique et analyse de discours. *Journées d'étude franco-québécoises ; didactiques des disciplines : recherches sur les pratiques effectives* (à paraître, Grenoble : la pensée sauvage).

HALLIDAY, M. A. K. (1994). *An introduction to functional grammar*. Londres : Edward Arnold.

LEMEIGNAN, G. & WEIL-BARAIS, A., (1993*). Construire des concepts en physique.* Paris : Hachette.

MARTINAND, J.-L. (1994). Quels enseignements peut-on tirer des travaux dans la perspective du développement de curriculum in *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation.* Paris : INRP

TIBERGHIEN, A., ARSAC, G. & MEHEUT, M. (1994) Analyse de projets d'enseignement issus de recherches en didactique. In ARSAC, G., CHEVALLARD, Y. MARTINAND, J-L. et TIBERGHIEN, A. (Coord.) *La transposition didactique à l'épreuve*. Grenoble : La Pensée sauvage.

APPROCHE DES PHENOMENES PHYSIQUES A L'ECOLE MATERNELLE ;

ROLE DE L'ACTION DANS L'APPRENTISSAGE

Catherine Ledrapier

IUFM Franche-Comté, Besançon
57, avenue de Montjoux, 25000 Besançon
Jacques.ledrapier@libertysurf.fr
Recherche en cours, LIREST Cachan et LDES Genève.

1. Problématique

Que peut-on apprendre par l'action, à l'école maternelle, des phénomènes physiques ?
Telle est la question de recherche centrale, même si elle se décline sous de multiples facettes. En effet, il s'agit d'analyser :

- les différents rôles de l'action, notamment dans la conceptualisation,
- sa place (différents temps),
- ses limites.

Il s'agit aussi de considérer quels types d'actions sont à proposer aux enfants pour leur permettre de construire ces savoirs.

2. Cadre de référence

2.1 Cadre de référence pragmatique : les pratiques de classes

En France, il y a très peu de recherches sur les pratiques en sciences à l'école maternelle. Monsieur l'inspecteur général J.M. Bérard (1998) évalue à 10% les enseignants du primaire qui enseignent les sciences et à 5 % ceux qui se conforment aux instructions officielles. Des enquêtes (mémoire D.E.A. C. Ledrapier 2000, mémoires P.E.2) montrent aussi une absence de pratique. De plus, lorsqu'il y a pratiques, elles ne sont souvent axées que dans deux directions : les connaissances et la démarche scientifique expérimentale. L'opération "La main à la pâte" a permis à certains enseignants de se lancer dans des activités scientifiques mais les pratiques restent fondées sur les deux mêmes directions d'apprentissage. Il existe des alternatives, notamment en Belgique (M. Crahay et A. Delhaxhe, 1983), qui ne semblent pas avoir beaucoup d'écho en France.
Il s'agit donc ici de proposer un autre type d'intervention à l'école maternelle.

2.2 Cadre de référence théorique : de l'acte à la pensée

" *Penser ne se réduit point, croyons-nous, à parler, à classer en catégories, ni même à abstraire. Penser, c'est agir sur l'objet et le transformer "* (J. Piaget, 1972, p65).
Ainsi, en finale, l'école piagétienne n'oppose pas pensée et action ; d'autres écoles ont aussi étudié ce rapport entre pensée et action.
Nous prendrons donc en compte l'apport des recherches dans deux domaines différents, la psychologie et la didactique des sciences.

Les recherches en didactique des sciences

Une recherche bibliographique (mémoire bibliographique D.E.A. C. Ledrapier 2000) sur le rôle de l'action dans l'apprentissage nous permet de constater l'absence de recherche sur l'action en didactique des sciences. Certes, chaque praticien semble bien convaincu que

«l'on apprend mieux en faisant», mais de recherche sur le sujet, point. Par contre les recherches sur l'expérimental, les T.P, la démarche scientifique expérimentale, centrées sur le raisonnement et la démarche, sont extrêmement nombreuses… Bien que l'action ne soit pas leur sujet de recherche, elles nous donnent toutefois quelques indications sur la question.

Ainsi S. Joshua (1989) dénonce en quelque sorte la "non-action" et toute la mystification qui va de pair avec les fameuses "monstrations". Ainsi les travaux de M. Coquidé (1998) sur les différents modes didactiques montrent que celui de la maternelle est essentiellement celui de la familiarisation et l'expérienciation.

Nous retiendrons essentiellement la nécessité d'établir un référent empirique conséquent, au sens de J.L. Martinand (1986, puis 1994) pour assurer la base de ce que sera la culture scientifique et technique des enfants. J.L. Martinand signale (colloque *l'enseignement des sciences* C.E.E.I.S.T. 2000) que dans leur vie actuellement, il n'y a plus au niveau extra-scolaire de familiarisation avec les phénomènes et les techniques, et que celle ci doit donc se réaliser à l'école. Le référent empirique est à établir en priorité. Il s'agit, dès l'école maternelle, d'établir un vécu, un réellement manipulé.

Cela constitue un des deux axes de la présente recherche : faire "vivre physiquement les phénomènes physiques", les faire assimiler au sens piagétien, les faire intégrer corporellement…

C'est pour cette raison que la notion de connaissances en acte, élaborée par G. Vergnaud (1987), et reprise par A. Weil-Barais, retiendra notre attention. La connaissance ne se réduit pas à ce que le sujet peut en exprimer verbalement : par l'action, le sujet a intégré un certain nombre d'invariants cognitifs qui sont objectivement observables dans la régulation de ses actions, même s'il ne peut rien en dire. Il reste à voir ce qu'il en est quand ce sont des phénomènes physiques qui sont mis en jeu, ce qui n'est pas le cas dans les recherches de G. Vergnaud (1987, 1994).

De certaines de ces recherches en didactique émane aussi le savoir acquis par manipulations quant aux divers gestes à posséder en sciences et techniques : manipulations d'objets de laboratoire, manipulations d'outils ou de machines diverses, mais comme là n'est pas notre sujet, nous n'irons pas plus avant.

Nous serons donc contraints à aller voir du côté de la psychologie, où les recherches sur l'action sont extrêmement nombreuses. Par contre,

elles ne portent que très rarement sur un apprentissage scientifique, hormis les mathématiques, très présentes… Les spécificités des sciences physiques, notamment l'approche de phénomènes, n'y sont donc pas considérées.

Les recherches sur l'apprentissage par l'action en psychologie

Il est nécessaire de définir ce qui va être considéré sous le terme **d'apprentissage par l'action,** car il existe de nombreuses acceptions. Rappelons la définition de C. Georges (1983, p.10), " *des actions finalisées dont le résultat, conforme ou non à la finalité poursuivie, est connu du sujet grâce à des informations en retour… La conformité ou la disparité entre le résultat recherché et le résultat obtenu intervient dans la stabilisation ou le remaniement des actions instrumentales, et est donc facteur d'apprentissage*." Les apprentissages par imitation et observation ont à voir avec l'apprentissage par l'action. J. Piaget(1941, 1967, 1972) et H. Wallon (1942, 1945) y ont beaucoup travaillé, ainsi que plus récemment F. Winnykamen (1990). Il en est de même pour l'apprentissage coactif, proche de l'apprentissage par imitation, mais où la situation entre partenaires n'est pas asymétrique. Les interactions sociales entre pairs sont source de nouvelles dynamiques. La supériorité de l'apprentissage coactif a été mise en évidence lors de situations de résolution de problèmes (J. Gilly, 1984, cité par A. Weil-Barais, 1993), et par les recherches de M. Deleau (1998).

Il faut donc considérer qu'il y a apprentissage par l'action lors de la recherche active, physique, de la solution d'un problème, et que l'environnement délivre un feed-back au sujet. Il y a problème lorsque le sujet veut quelque chose et qu'il ne sait pas immédiatement quelle série d'actions réaliser pour l'obtenir. Avec la répétition du problème, le sujet progresse dans ses conceptions et produit des comportements plus efficaces en regard des buts à atteindre.

Les recherches montrent que le rôle des feed-back est particulièrement important, qu'il soit positif ou négatif.

Plusieurs chercheurs, dont B. Inhelder & G. Cellerier (1992), se sont aperçu que dans certaines phases de résolution, l'enfant abandonne le but fixé et réalise des tâtonnements exploratoires ; il nous apparaît à chaque fois qu'un phénomène ou une propriété physique est en jeu. Un phénomène analogue est remarqué par E. Cauzimille-Marmèche, J. Mathieu & A. Weil-Barais, (1983) : lorsque le phénomène est

relativement inhabituel pour l'enfant, il se produit une suite de tâtonnements dont le but n'est pas clairement explicité, ce sont les fameuses expériences "pour voir". D'après C. Pierre (1995), l'étape exploratoire, totalement sous estimée dans la littérature, a pour but d'attribuer une signification aux objets, de donner un corps de connaissance pour établir une première représentation de la situation. Ce "pour voir" n'est pas interprété par les psychologues comme un regard pour le phénomène physique, mais comme une réflexion sur la stratégie employée par le sujet.

Au-delà de cette phase exploratoire, il y a des étapes entre la réussite de l'action et sa compréhension en terme de conceptualisation consciente. De nombreuses études remettent en cause la vision piagétienne, et il est maintenant admis, (C. George 1983, C. Pierre 1995) que ces différentes étapes ne sont pas aussi strictement liées à un stade de développement. Cela dépend de la familiarité du sujet avec la situation : des enfants bien familiarisés avec une situation font preuve d'une compréhension assez étendue, alors que des adultes dans une situation non familière restent subordonnés aux informations rétroactives et ne procèdent pas par raisonnement. L'apprentissage dépend donc et de l'objet d'apprentissage et du niveau de familiarité avec celui-ci.

Pour l'approche des phénomènes physiques, nous pouvons donc penser qu'il est fondamental de familiariser très tôt les enfants aux différents phénomènes, en réalisant une base de référence qui assure une connaissance des phénomènes par un vécu manipulatoire.

D'autres auteurs (D. Gibson, C. George, 1983) montrent que l'entraînement affine la discrimination perceptive, même en l'absence d'information sur l'inexactitude de sa prise de conscience. Un apprentissage perceptif pourrait donc contredire l'hypothèse du refoulement cognitif piagétien. Ils montrent aussi que le rôle de la représentation de la situation sur la prise de conscience est important : un facteur non représenté peut ne pas être remarqué.

Les travaux de J.S. Bruner (1983) vont finalement modifier cette définition première de l'apprentissage par l'action. Si l'action propre s'organise sous la pression de déterminants externes, et non sous la pression de déterminants internes, elle est aussi médiatisée par l'éducateur. Le tutorat apparaît comme prédominant dans l'apprentissage par l'action, et J.S. Bruner définit six fonctions d'étayage, indispensables à l'apprentissage par l'action à cet âge.

Les travaux de M. Deleau (1998) sur l'activité conjointe montrent l'importance des pairs dans l'apprentissage par l'action. Les activités conjointes impliquent la capacité de faire référence commune à un objet ou à une croyance, et la capacité de réguler les activités entre partenaires engagés dans une entreprise commune. L'activité langagière est incluse dans ce cadre plus large des activités conjointes.
De nombreux chercheurs ont proposé une distinction entre des apprentissages "comportementaux**"** et des apprentissages "cognitifs". "*Dans les seconds les changements comportementaux permettant d'attester qu'il y a apprentissage, résulteraient de remaniements de la façon dont le sujet conçoit la situation et sa propre conduite, remaniements dus en particulier à l'acquisition de connaissances ayant un statut autonome*…" (C. George, 1983, p.221.) Semble donc reconnue une acquisition de connaissances d'origine empirique, relative à l'objet ou au phénomène… Mais à de rares exceptions près, notamment M. Crahay et A. Delhaxhe (1983), les recherches en psychologie ne considèrent pas les phénomènes physiques.

Les différents apports des recherches en psychologie montrent donc qu'il faut élargir le sens premier donné à l'apprentissage par l'action : se limiter à l'activité corporelle proprement dite est insuffisant, il faut y intégrer le rôle du tuteur et des pairs par rapport à l'action... et selon certains chercheurs, le rôle des représentations.
C'est donc avec ce cadre de référence, cette nouvelle définition, que sera menée cette recherche.

3. Méthodologie

3.1 Echantillonnage

Cinq classes, dont trois de niveaux multiples, constituées d'enfants de trois à six ans, sont concernées par l'expérimentation ; ce à raison d'une séance par semaine, et d'une dizaine de séances par sujet d'étude.

3.2 Expérimentation

Il s'agit de proposer des situations didactiques et pédagogiques, puis d'analyser le comportement des enfants et du tuteur.
Pour l'élaboration des interventions, l'apport des travaux de M. Crahay et A. Delhaxhe est pris en compte, à savoir la présence d'innovation fonctionnelle (nouvel effet à produire) et celle d'innovation structurale (nouvelle action à produire). Toute une procédure d'intervention, en termes d'activités et de tutorat, est organisée en ce sens.
L'une des deux hypothèses principales de recherche est que l'enfant, dans ce cadre pédagogique, adopte à terme un comportement spontané, autonome pour deux postures de recherche (recherche de nouveaux effets à produire et recherche de plusieurs solutions pour y parvenir). Dans tous les cas, il s'agit évidemment d'un problème concret à résoudre, et non d'un problème causal.
Corrélativement, nous supposons une évolution par rapport à la conceptualisation des phénomènes mis en jeu.
Ces deux hypothèses feront donc l'objet d'une analyse a priori, d'autres observations feront l'objet d'une analyse a posteriori.
Une investigation spécifique est menée sur les productions d'enfants, en particulier les dessins ; ceci en vue d'interroger les limites de l'action dans la conceptualisation. Des classes dessinent, d'autres pas, d'autres par moitié ; pour certaines classes, les dessins sont exploités oralement et collectivement, pour d'autres non.
Outil: vidéo, observations, productions d'enfants, photos.

3.3 Analyse des données

L'analyse est qualitative et commence par un échantillonnage de comportements présents ou absents, des enfants et du tuteur. Une série d'indicateurs, montrant l'existence ou non de faits et de comportements, permet une catégorisation et ensuite une analyse des situations et des productions en fonction du sens. Une comparaison des catégorisations au fil des séances permet de repérer l'évolution comportementale et cognitive des enfants.

4. Résultats

Les résultats, en cours d'analyse, sont encore incomplets, seuls quelques ordres de grandeur seront indiqués ici.

4.1 Résultats en rapport avec les hypothèses de travail

- Pour la posture heuristique, les observations montrent une très grande évolution de comportement chez les enfants. Dès la troisième séance, les enfants se donnent un projet, un but à atteindre (de l'ordre de 95%). Au départ, ils s'approprient un problème proposé par l'enseignant, au fil des séances ils préfèrent s'approprier celui d'un pair, puis certains décident du leur (de 50 à 80% selon les classes).
- Par contre la recherche de solutions diverses, si elle est effective (de 40 à 80 % selon les classes), reste toutefois un effet de la sollicitation du tuteur, dans la grande majorité des cas.
- Une très grande différence de comportement existe entre les classes, essentiellement due à la variable âge. Les grands, cinq ans, acceptent facilement de modifier un effet, ou de rechercher une innovation à la suite de sollicitations de l'adulte tuteur, et le font ensuite spontanément (à 80%). Les petits, trois ans, s'arrachent difficilement à l'action en cours, se montrent réticents à la verbalisation, parfois jusqu'au refus (10 à 20 % selon les classes). Par contre, le passage à la production ne pose aucun problème et est parfois spectaculaire. Le rôle du tuteur est très différent en modalité et en efficacité entre ces deux sections : quasiment deux fois plus d'interventions pour deux fois moins d'efficacité auprès des petits. Avec les moyens, quatre ans, un phénomène tout à fait significatif apparaît : selon qu'ils sont entre moyens ou à part égale avec des grands, le résultat est entièrement différent. La fonction de tutelle, pratiquée par des pairs à peine plus experts, semble très profitable : les moyens alignent leurs performances sur celles des grands, alors que ces performances ne sont pas atteintes dans un groupe constitué exclusivement de moyens.
- Pour l'action proprement dite, dès qu'il y a autonomisation, calibrage de l'action, il y a libération de l'attention, ce qui permet aux enfants de passer à autre chose, d'aller plus loin dans la

découverte, la modification ou la recherche. Aucun enfant ne se passe de cette phase d'assimilation, quel que soit son âge. Ce temps d'assimilation, puis celui d'accommodation sont de durée variable d'un âge à l'autre, mais aussi à âge égal d'un enfant à l'autre. Les dessins, comme les situations de réinvestissement hors contexte, montrent souvent une corrélation entre cette durée et le niveau d'intégration du phénomène en question.

- Lors des activités de structuration, les enfants se mobilisent et s'investissent de plus en plus au fil des séances (cela passe de 25% à 75% jusqu'à 100% dans certaines classes). Ils considèrent cela comme un travail très sérieux et l'expriment clairement, parlent "de leur travail" aux parents. Assez rarement, les enfants ont du mal à entrer vraiment dans ce type d'activité, et ne font que suivre le mouvement général ; ceux qui n'y entrent pas du tout sont très rares. La cause semble relever d'un refus général d'apprentissage, plus ou moins passager. Par contre, plus nombreux sont ceux qui "se révèlent" lors de telles activités. Les enfants développent leur inventivité : ils proposent de plus en plus d'activités nouvelles, dont certaines que nous n'avions pas envisagées.
- Au niveau des connaissances, les acquis sont très nets, bien davantage que pour les autres niveaux de l'école primaire. Au niveau de l'action, les enfants anticipent les résultats, par exemple prévoient les trajectoires en fonction de l'inclinaison et choisissent une balle en fonction de la vitesse désirée. Ils réinvestissent pour leurs jeux ou hors contexte de façon surprenante. Au niveau des dessins, l'anticipation est aussi présente, ainsi que l'apparition des différents facteurs en jeu. A l'oral, certains enfants emploient spontanément et à bon escient des mots employés par le tuteur, comme inclinaison, longueur, vitesse, ce qui est tout à fait inhabituel à cet âge.
- Le plaisir que les enfants prennent à ce type d'activité est indéniable : rires, cris et sauts de joie, battements de mains, ils disent qu'ils aiment et réclament l'activité.

4.2 Résultats catégorisés a posteriori

- Au niveau de la verbalisation :
  L'observation montre une inversion au niveau de langage au fur et à mesure des séances. Dans les phases de découverte et de premières recherches, le langage entre pairs est peu élaboré, interjections essentiellement ; les moments de langage organisés qui suivent ces activités sont au contraire assez structurés. Quand l'action est mieux maîtrisée, le phénomène s'inverse : le langage devient très structuré dans les groupes de travail, avec beaucoup d'échanges portant sur le sens et les co-actions désirées ; mais au moment de la synthèse orale, cela ne perdure pas, l'expression est beaucoup plus décousue, toute argumentation a disparu.
  Le but à atteindre semble essentiel pour produire un langage structuré et efficace, beaucoup plus que le fait d'en rendre compte seulement.
- Le besoin ou la nécessité d'argumenter :
  Bien sûr les enfants n'argumentent quasiment pas spontanément, mais à partir de la moyenne section, quatre ans, ils répondent volontiers à la sollicitation du tuteur, à condition d'avoir eu un temps d'assimilation suffisant (plusieurs séances). Dans les groupes de grands, cinq ans, des débats scientifiques (toutes proportions gardées) sont effectifs. Par la suite, cela fait pratiquement partie de la routine, c'est-à-dire sans sollicitation du tuteur ou presque… ce qui est à souligner quand on sait la difficulté à obtenir la même chose dans les classes supérieures (CM).
- Envisager une seule cause ou un système causal :
  Là aussi, le résultat est remarquable : si la plupart des enfants ne propose qu'une seule cause au phénomène en question, certains en proposent plusieurs, d'emblée ou avec une légère sollicitation du tuteur. Allégations justes ou fausses, là n'est pas la question : si l'enseignant valorise l'émergence d'un système causal, rapidement la majorité des enfants adopte cette pratique, surtout collectivement. Là encore, si l'on considère la difficulté des enfants plus grands à appréhender un système causal, à la fois dans l'émission d'hypothèses multiples et dans l'identification des variables, on peut émettre l'hypothèse suivante : l'obstacle relève

davantage des interventions des enseignants et de leur manière de penser la science que des capacités des enfants. Certains obstacles seraient-ils donc créés par l'enseignement ?

- Un effet à long terme, la posture heuristique :
  Lors d'activités avec des classes de l'école élémentaire, CP, CE2 et CM2 notamment, ce qui différencie ceux qui ont pratiqué une telle démarche en école maternelle des autres, ce n'est pas l'excellence ou la rapidité des réponses ou des résolutions de problème, mais le fait d'aller vers une nouvelle recherche sans se cantonner aux observations premières. De plus, une verbalisation spontanée apparaît, qui au-delà de la description, va souvent vers une mise en relation ou une interprétation. Par contre, les novices sont souvent très excités, ont du mal à se mettre en recherche, et lorsqu'ils le font, se détachent très difficilement des premiers résultats trouvés.
- Les productions plastiques et technologiques :
  Il semble qu'à moyen et long terme (de un à six ans plus tard) les enfants se souviennent davantage des contenus abordés ou réinvestis lors de ces productions, que lors des activités génériques de découverte des phénomènes. Dans ce cas, les souvenirs des enfants sont beaucoup plus flous.
- Les représentations orales et écrites :
  Les premières expérimentations tendaient à montrer que dessiner systématiquement était une aide à la conceptualisation. Un changement de méthodologie consistant à faire varier ce facteur, dessin ou pas, dans une même classe et non plus dans des classes différentes, remet en cause ces premiers résultats. Le fait de dessiner améliore certes la qualité des représentations successives, mais il est moins évident que cela influe sur le degré de conceptualisation. L'évolution de la conceptualisation semble beaucoup plus liée à l'action elle-même, et à la parole. Le dessin aurait-il plus une fonction de production et de métacognition que de conceptualisation ? … Mais les résultats ne sont pas encore complets, et d'autres interprétations sont possibles. Par contre, une chose est sûre : il est observé une grande différence de vitesse d'évolution dans les connaissances acquises quand les actions et/ou les dessins sont commentés oralement par tout le groupe classe. Le type d'intervention du tuteur et le rôle des pairs sont, là encore, très importants.

- L'approche de la mesure :
  Les enfants manifestent de façon assez systématique de l'intérêt pour évaluer une grandeur. Ce n'est certes pas une démarche première, elle n'émerge que lorsque l'action est installée, quand ils sont dans les activités de structuration. L'expression spontanée est uniquement comparative. Mais dès les premières sollicitations du tuteur à évaluer une grandeur, plusieurs enfants entrent dans ce questionnement. De séance en séance, ils sont de plus en plus nombreux à être dans ce souci de mesure. Ils trouvent toujours des techniques intéressantes (par exemple concernant la vitesse de deux balles roulant dans une gouttière : dans un premier temps, ils comparent sur deux circuits identiques, ensuite, étant limités à un seul circuit, ils proposent de coller les deux balles pour voir si la première s'éloigne de la seconde ou si la seconde pousse la première). A la demande de quantification ils proposent de compter, puis, constatant le faible écart, de recompter en ayant pris le rythme, puis de chanter ! Ils se heurtent évidemment au problème de l'unité, de plus ils ne maîtrisent pas les nombres au-delà de dix ou vingt… Mais les questions relatives à la mesure les interrogent, ce sont pour eux de vraies questions ; le handicap ne se situe pas dans la requête mais dans l'outillage mathématique.
  Traditionnellement, les grandeurs sont introduites plus tard, par leur mesure, leur unité. Pourtant, il semble porteur pour une avancée conceptuelle d'approcher cette question de la mesure lorsque des actions nombreuses et variées, sur la grandeur elle-même, sont maîtrisées.

- Comportements sexués ?
  Une différence apparaît assez fréquemment entre filles et garçons, variant toutefois selon les classes. Les filles montrent une tendance à peaufiner leurs résultats, les garçons semblent se contenter d'une réussite plus approximative et se montrent plus désireux de passer à une autre recherche. Les filles vont davantage améliorer leurs actions et rester sur quelque chose qui les intrigue. Elles présentent une tendance à moins se précipiter et à être moins rapides, mais sont beaucoup plus spontanément dans la métacognition, que les garçons. Ce qui se traduit très nettement au moment du réinvestissement en technologie ou du dessin de

synthèse : les filles font preuve d'un recul conceptuel certain. Les garçons, eux, n'hésitent pas à se lancer dans de nouvelles découvertes, et à aller sans appréhension de problématique en problématique. Une analyse de ces différences de comportement serait intéressante, mais elle ne fait pas l'objet ici d'une question de recherche. On peut toutefois remarquer que l'effet de groupe est probablement un facteur important, car dans les classes à cours multiples où les effectifs d'un niveau donné sont plus faibles, parfois très peu de filles ou très peu de garçons, ce phénomène n'apparaît pas.

D'autres résultats de portée non négligeable apparaissent, notamment sur les fonctions d'étayage pour l'apprentissage par l'action, proposées par J.S. Bruner (1983) : il semble que si certaines de ces six fonctions sont confirmées, d'autres ne le soient pas, et ce du fait du sujet d'étude qui n'est plus d'ordre mathématique mais physique ou technologique. Il en va de même pour l'analyse de la compréhension des solutions. Mais les résultats sont encore incomplets.

5. Conclusion

- L'intérêt d'introduire l'approche des phénomènes physiques dès l'école maternelle est, nous semble-t-il, mis en évidence par ces expériences. Déjà J. Piaget et R. Garcia signalaient : " *l'enfant peut certes à l'occasion s'intéresser à sérier pour sérier, à classer pour classer, etc., mais dans les grandes lignes, c'est à l'occasion d'événements ou de phénomènes à expliquer et de buts à atteindre par agencement causal que les actions sont les plus exercées" ..." Il serait bien sot de vouloir exercer et développer les opérations mathématiques pour elles-mêmes, car la fonction générale des opérations (et des préopérations) est d'agir sur le réel en l'enrichissant de cadres et de structures permettant son assimilation".* (1971, p.29). Les réactions des enfants à ce type d'activités et les différents savoirs qu'ils en retirent confirment tant la nécessité que la possibilité de leur introduction en milieu scolaire dès l'école maternelle. Ces activités, toutes liées au fait de se donner des problèmes concrets à résoudre et à la recherche concrète de solutions, semblent pouvoir favoriser grandement les

performances scientifiques des classes ultérieures, tant dans l'élaboration du référent empirique que dans l'acquisition d'une démarche heuristique.

- On peut penser que partir de l'action pour établir des connaissances physiques relève systématiquement de l'empirisme, et peut être nuisible à une éducation scientifique ultérieure.
  On peut aussi penser que c'est là une première étape, une sorte de passage obligé, au regard des capacités liées à l'âge des apprenants, mais une étape nécessaire pour l'établissement du référent empirique.
  Mais on peut penser aussi que le fait qu'il y ait empirisme ou pas dans l'apprentissage par l'action dépend fondamentalement de l'attitude du tuteur, en terme de discours, explicite et/ou implicite. Quelle est la position donnée au savoir ? Est-il porté en position de vérité à découvrir ? Quel est son statut ? … Ce n'est pas un problème lié à l'action elle-même, mais au rôle qui lui est attribué, et les enfants sont suffisamment fins pour le percevoir.

- Si "*apprendre c'est agir, c'est résoudre un problème*" (M. Crahay, 1983), si "*savoir, c'est créer, comprendre, c'est invent*er " (J. Piaget), et si l'existence d'une problématique concrète assure prégnance et persévérance dans l'action, il ne faudrait pas y voir une démarche exclusive à pratiquer à l'école maternelle. En effet, les enfants, même très jeunes, ont aussi droit aux connaissances de type encyclopédique (toutes proportions gardées), et à un héritage culturel, y compris en sciences. Des méthodes transmissives sont alors souvent nécessaires. Le savoir se décline de multiples façons, il s'agit de proposer des méthodes adaptées.

REFERENCES

BRUNER, Jérôme S. *Le développement de l'enfant : SAVOIR-FAIRE, SAVOIR DIRE.* Paris : Presses Universitaires de France, 1983.

CAUZIMILLE-MARMECHE, Evelyne, MATHIEU, J., WEIL-BARAIS, Annick. *Démarche expérimentale et acquisition des connaissances.* Rapport de fin de contrat. Paris : INRP, 1983

COQUIDE, Maryline, R*apport expérimental au vivant dans la classe de biologie*, mémoire de H.D.R., LIREST, ENS Cachan, 2000
CRAHAY, Marcel. *Agir avec les objets pour construire la connaissance.* Rapport de recherche. Bruxelles : Pédagogie et recherche, Ministère de l'éducation nationale et de la culture française, 1983.
DELHAXHE, Arlette & CRAHAY, Marcel. Une analyse hiérarchique de la coordination des déplacements chez des enfants préopératoires. *Cahiers de psychologie cognitive, vlo.3n°4, 1983*
DELEAU, Michel. Entre l'acte et la pensée : de l'activité conjointe aux symboles et aux croyances. *Enfance,* n°1, 1998, p.37-47.
GEORGE, Christian. *Apprendre par l'action*. Paris : Presses Universitaires de France, 1983.
INHELDER, Bärbel, CELLERIER, Guy. *Le cheminement des découvertes de l'enfant.* Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 1992.
JOHSUA, Samuel. Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. *Aster n°8,* Expérimenter, modéliser. Paris : INRP, 1989.
MARTINAND, Jean-Louis. *Connaître et transformer la matière.* Berne : Peter Lang, 1986.
MARTINAND, Jean-Louis, dir, GENZLIN, J-C, J-C, PIERRARD, M-A, LARCHER, Claudine, ORANGE, Christian, RUMELHARD, Guy, WEIL-BARAIS, Annick & LEMEIGNAN, Gérard. *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : I .N.R.P., 1994.
PIAGET, Jean & INHELDER, Bärbel. *Le développement des quantités physiques chez l'enfant.* Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 1941. (3ième édition, 1968).
PIAGET, Jean. *La construction du réel chez l'enfant.* Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 1967. (5ième édition, 1973).
PIAGET, Jean. & GARCIA, R. *Les explications causales*. Paris : Presses Universitaires de France, 1971.
PIAGET, Jean. Les praxies de l'enfant. In PIAGET, Jean .*Problèmes de psychologie génétique.* Paris : Denoël Gonthier, 1972
PIAGET, Jean. *La prise de conscience*. Paris : Presses Universitaires de France, 1974 a.
PIAGET, Jean. *Réussir et comprendre*. Paris : Presses Universitaires de France, 1974 b.

PIERRE, Corinne. *L'apprentissage par l'action : perspective développementale*. Thèse de troisième cycle, laboratoire de psychologie du développement et de l'éducation de l'enfant, Paris V, 1995.

VERGNAUD, Gérard. Les fonctions de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant. *In* PIAGET, Jean, MOUNOUD, Pierre, & BRONCKART, Jean-Paul, Dirs. , *Psychologie, encyclopédie de la pléiade, volume46.* Paris : Gallimard, 1987, p. 821-844.

VERGNAUD, Gérard, dir, FIJALKOW, Jacques, ESPERET, Eric, FAYOL, Michel, LABORDE, Colette, WEIL-BARAIS, Annick, MONTEIL, Jean-Marc, HUTEAU, Michel, LAUTREY, Jacques, CHARTIER, Daniel, LOARER, Even. *Apprentissages et didactiques, où en est-on ?* Paris : Hachette, 1994.

WALLON, Henri. *De l'acte à la pensée.* Paris : Flammarion, 1942. (édition de 1972).

WALLON, Henri, *Les origines de la pensée chez l'enfant.* Paris : P.U.F. , 1945. (4ième édition, 1975.)

WEIL-BARRAIS Annick. Les apprentissages en sciences physiques. In VERGNAUD, Gérard, dir, FIJALKOW, Jacques, ESPERET, Eric, FAYOL, Michel, LABORDE, Colette, WEIL-BARAIS, Annick, MONTEIL, Jean-Marc, HUTEAU, Michel, LAUTREY, Jacques, CHARTIER, Daniel, LOARER, Even. *Apprentissages et didactiques, où en est-on ?* Paris : Hachette, 1994.

WEIL-BARRAIS Annick, dir, DUBOIS, Danièle, NICOLAS, Serge, PEDINIELLI, Jean-Louis, STERI, Arlette. *L'homme cognitif.* Paris : Presses Universitaires de France, 1993. (5ième édition refondue, 1999.)

LES TESTS D'HYPOTHESES AU CM : APPRENTISSAGE ET TRANSFERT DE PLANIFICATION.

Yves Flandé

LDSP / IUFM du Limousin
Bd du Marquisat 19000 Tulle
Tel : 05.55.29.93.80
Mail : yves.flande@limousin.iufm.fr

Introduction

Dans les programmes de l'école primaire, au niveau des compétences du cycle 3, on peut lire dans le domaine 'Sciences et technologie' :
l'élève doit être capable…
de concevoir et mettre en œuvre des montages
isoler une variable et mettre en œuvre des expériences pertinentes...
(Programme 95).
Ces compétences décrites dans les programmes sont essentiellement transversales faisant appel à un raisonnement non spécifique d'un domaine scientifique précis. Accepter de vérifier l'acquisition de ce type de compétences suppose d'interroger les élèves sur des situations différant par leur contexte scientifique mais analogues par le type de questionnement qu'elles impliquent. Ceci suppose que les élèves soient capables de transférer d'une situation à l'autre le même type de raisonnement.
Ce projet de recherche a consisté

- *à construire une séquence pour favoriser l'acquisition de ce type de compétences méthodologiques définies par les programmes ;*
- *à évaluer cette séquence tout en dégageant les difficultés qui perdurent.*

Deux classes de cycle 3, auxquelles a été présenté un ensemble de séquences d'apprentissage, ont été observées durant deux années scolaires avec ce double objectif.

1. Le problème scientifique

Isoler une variable suppose que l'on soit capable à partir d'un phénomène complexe de recenser les variables, de faire une analyse en terme de dépendance. Mettre en œuvre des expériences pertinentes suppose, ici, de choisir la variable que l'on veut tester et mettre en œuvre un test d'hypothèse qui va permettre de déduire si cette variable a ou non une influence sur le phénomène en faisant une comparaison de résultats.

2. Les constats des études antérieures

Pour les tests d'hypothèses, les observations réalisées en classe concernent en général des élèves à partir de la 6ème, pour les plus jeunes ce sont souvent des travaux de laboratoire.
En psychologie génétique, les différents travaux de Piaget et d'Inhelder montrent que l'enfant du cycle 3 n'a pas encore atteint le stade des opérations formelles (Piaget, 1955), stade qui lui permet d'utiliser le raisonnement hypothético-déductif. Ces travaux montrent également qu'on ne peut pas attendre de lui qu'il réalise une expérimentation systématique ou qu'il ait une vue d'ensemble d'un problème (Inhelder, 1954).
En psychologie cognitive les différentes études mettent en évidence des difficultés sur les tests d'hypothèses. Ces études montrent que les élèves s'ils parviennent à réaliser une expérimentation avec une seule variable n'arrivent pas à planifier leur expérimentation dans le cas où plusieurs hypothèses sont concurrentes. Ils effectuent une recherche au coup par coup sans faire de planification quand il y a plusieurs hypothèses. Ils expérimentent surtout les facteurs où ils sont en désaccord sur l'influence possible (Cauzinille, 1985). En outre ils comparent deux conditions où le facteur testé varie sans se préoccuper des valeurs qu'ont les autres facteurs pour ces deux conditions (Cauzinille, 1983).
En didactique, dans chaque domaine étudié, existent des difficultés liées aux conceptions : apport de chaleur par l'isolant thermique, (Macedo de Burhi, 1981) ; raisonnement local ou séquentiel en électricité (Closset, 1989) ; dépendance de la période du pendule avec

la masse ou l'amplitude (Abramovitch et al., 1974) ; fonction agent-patient lors des réactions chimiques (Méheut, 1982).
Des études montrent des difficultés sur la mesure : difficultés au niveau du mesurage (Bottin et al, 1983) ou au niveau de l'interprétation des résultats (Millar, 1996).
Au niveau pédagogique les difficultés de transfert pour les adultes ont été mises en évidence lors d'un colloque organisé à Lyon (Meirieu, 1996) ; on perçoit aisément que des élèves de cycle 3 éprouvent également des difficultés pour transférer une méthode permettant d'isoler une variable d'une situation dans une autre. Barth (1987) et Weil-Barais (1998) préconisent de décontextualiser et de séparer méthode du contenu tandis que Mendelsohn (1996) écrit *qu' 'il faudrait mener de front à la fois le savoir et la façon dont il est appris'.*

3. Les choix d'apprentissage

Ayant pris connaissances des difficultés mentionnées précédemment nous supposons que les élèves de cycle 3 sont capables de planifier des tests d'hypothèses, à condition de recevoir une aide pertinente durant une durée d'enseignement importante.
Aussi avons-nous travaillé avec deux classes pendant deux années (CM1 puis CM2), avec les mêmes enseignants. Nous avons tenu compte des divers types de difficultés pour bâtir notre séquence d'enseignement axée essentiellement sur la planification des tests d'hypothèses. Nous avons proposé des situations avec des variables indépendantes, expérimentalement maîtrisables et facilement mesurables pour pouvoir ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois.
Pour faciliter le transfert nous avons proposé des situations multiples et variées, l'apprentissage et la généralisation étant effectués avec des support de sciences physiques et le transfert tenté avec des supports de sciences de la vie et de la terre. Pour aider les élèves à décontextualiser, afin de pouvoir transférer, nous avons introduit des outils généraux d'analyse : des tableaux pour le protocole expérimental ainsi que des 'fiches outils' réalisées en classe. Ces fiches sont l'aboutissement d'une réflexion distanciée, réalisée en même temps que l'apprentissage et portant sur l'analyse des démarches effectuées (Cf. annexe).

Nous avons demandé aux élèves non seulement d'analyser des protocoles mais également de proposer individuellement des protocoles pour tester des hypothèses. A partir de la deuxième étude, pour favoriser la planification, cette demande a porté sur le test de deux hypothèses. En outre, nous avons incité les élèves à présenter leurs protocoles sous forme de tableaux.

4. Méthodologie de recherche

a) Méthodologie des recueils des données

Le corpus des données comprend :

- tous les transcriptions réalisées à partir des enregistrements dans les classes concernées, ce qui représente une cinquantaine d'heures d'enregistrements ;
- des transcriptions d'interviews d'élèves en difficultés, réalisées après une séquence ;
- l'ensemble des propositions individuelles des protocoles expérimentaux ;
- l'ensemble des protocoles proposés par les groupes ;
- des évaluations papiers-crayons individuelles (au nombre de six).

b) Méthodes d'analyse des données

Les transcriptions ont été analysées sans catégories préexistantes (Postic, 1981), les unités d'analyse étant constituées d'ensemble questions-réponses, que la question provienne de l'enseignante ou d'un élève. Une direction d'analyse a été privilégiée correspondant au rôle des enseignantes (voir plus loin).
L'analyse des interviews des élèves porte sur le lexique ou sur le raisonnement.
En ce qui concerne les protocoles individuels nous avons essayé de classer les différentes propositions suivant leur pertinence par rapport aux hypothèses à tester. Pour les propositions non pertinentes, des sous-classes ont été créées pour différencier les affirmations a priori des protocoles erronés, ceux-ci ayant également été classés en différentes catégories. Ceci a été également réalisé pour les protocoles de groupes.

Pour les évaluations, au delà de la prise en compte des réponses, notre analyse s'est focalisée sur les types de justification qui étaient donnés, que cette justification soit pertinente ou non ou inexistante (dans la forme ou le fond).
L'analyse de l'ensemble de ces données a permis de mettre en évidence

- les différents types de médiation ou de tutorat utilisés par les enseignants ;
- les évolutions des classes pour la mise en place des protocoles expérimentaux par des comparaison des durées, des types d'arguments échangés ;
- les difficultés rencontrées par les élèves notamment en étudiant leurs justifications lors des évaluations ;
- l'évolution individuelle de chaque élève par comparaison de leurs différents protocoles.

c) L'évaluation interne

Cette évaluation s'effectue au niveau des classes de façon statistique et individuelle, par un suivi de l'évolution de chaque élève, sur les deux ans. L'évaluation interne comprend les évaluations proposées comme telles aux élèves mais surtout leurs productions individuelles de protocoles expérimentaux demandées pour les tests d'hypothèses (dans les domaines étudiés ou non, en sciences physiques ou en sciences de la vie et de la terre).

5. L'ensemble des séquences

Quatre études, correspondant chacune à une séquence, ont permis une expérimentation sur des domaines portant sur l'isolation thermique, le pendule, la résistance électrique et la dégradation chimique des aliments appelée 'digestion' ; deux évaluations sans expérimentations, sur la vitesse d'évaporation et la germination, ont complété la séquence d'enseignement.

Fonction des différentes séquences

Chaque séquence a pour but d'amener les élèves à être capables d'élaborer un protocole construit pour vérifier expérimentalement que le phénomène étudié dépend ou non de certains facteurs précisés auparavant, puis de réaliser les expériences et de les interpréter.
Pour cela il est nécessaire :

- de prévoir les expériences au cours desquelles un seul facteur (celui que l'on teste) varie, tous les autres étant maintenus constants ;
- de pouvoir interpréter les résultats expérimentaux en termes de dépendance ou de non dépendance.

a) la première étude sur l'isolation thermique, en partant sur une idée de rangement, est une séquence 'exploratoire' qui a permis de définir les termes à utiliser, cerner les difficultés rencontrées par les élèves et les enseignants et de faire des choix sur les séquences suivantes.

b) la deuxième, sur le métronome et sur les pendules a été construite pour résoudre une partie des difficultés rencontrées lors de la séquence sur l'isolation. Le métronome et la mesure de la période ont été introduits pour résoudre des difficultés liées au problème de la mesure (Flandé, 1999). Les mesures de période de pendules construits par les élèves ont permis l'élaboration de protocoles, protocoles introduits sous forme de tableaux. Ce fut durant cette séquence que les élèves ont eu à construire des tableaux pour la première fois, à les lire et les interpréter.
La seconde année a débuté par une évaluation sur un thème de physique non encore étudié. Cette évaluation avait pour objectifs de cerner les acquis des élèves à leur entrée en CM2 et de réintroduire la présentation sous forme de tableau.
c) la troisième séquence, concernant la résistance électrique, similaire à celle des pendules, a introduit pour la première fois des 'fiches outils' élaborées par les classes. Elle a eu pour fonction de consolider la démarche.

d) la quatrième, sur la dégradation chimique des aliments a été conçue pour apprécier les possibilités de transfert de la part des élèves. Elle porte donc sur un thème de sciences de la vie et de la terre et non de sciences physiques.
De même la dernière évaluation a porté sur un autre thème de biologie, la germination, thème non étudié avec les classes expérimentales.

Déroulement à partir de la deuxième séquence

Les élèves, à partir de matériels divers, laissés à leur disposition (fils et lests divers pour le pendule ; piles, ampoules, fils résistifs divers pour la résistance électrique), ont réalisé des constructions différentes en raison du matériel utilisé (pendules ou jeux électriques). Après avoir observé le phénomène ou fait des mesures, les élèves se sont posés spontanément des questions sur les différences du phénomène considéré (différence de périodes entre les différents pendules, différence d'éclairement d'une ampoule avec les jeux électriques…). Ils ont ensuite émis des hypothèses sur les facteurs pouvant provoquer ces différences. Pour la dégradation chimique des aliments, les hypothèses, sur les facteurs possibles de cette dégradation, ont été émises à partir de la lecture de textes historiques.
" Tester une hypothèse " consiste à vérifier que la grandeur ou le phénomène dépend ou ne dépend pas d'un facteur, plusieurs hypothèses cohabitant. Les élèves ont dû tester expérimentalement chaque paramètre supposé pouvant avoir une influence. Pour cela, ils ont dû planifier leurs tests d'hypothèses, c'est à dire envisager l'ensemble des protocoles correspondant aux différentes hypothèses à tester. Chaque élève devait proposer des protocoles pour tester deux hypothèses qu'elles aient été ou non formulées par lui, ceci une fois répertoriés les différents facteurs sensés pouvoir avoir une influence sur le phénomène étudié. Au niveau de la classe toutes les hypothèses étaient testées. Ce travail théorique individuel, puis en groupe, éclairé par des critiques argumentées des protocoles, a été relayé par un passage à la réalisation effective des manipulations, pour conclure, après analyse critique à la réfutation ou non de l'hypothèse, plusieurs groupes testant la même hypothèse. Les premières manipulations ont engendré parfois l'émission d'autres hypothèses, toujours

l'explicitation des conditions de mesurage et des conditions expérimentales pour que celles-ci soient reproductibles.
Ceci a requis une trentaine d'heures de cours sans compter les évaluations et les séances de technologie.

6. Principaux résultats de la recherche

a) Au niveau des exercices de lecture et d'analyse d'un tableau de protocole

De une semaine à trois mois après chaque séquence une évaluation est proposée aux élèves, évaluation portant notamment sur l'analyse de protocoles présentés sous forme de tableaux, à partir de la seconde évaluation sur l'isolation thermique. Ce type d'évaluation nous a permis d'apprécier les possibilités de lecture d'un tableau et d'analyse du protocole proposé.
Par exemple, suite à la séquence sur le pendule, l'exercice suivant était proposé :
Paul et Valérie veulent faire une expérience avec des pendules, expérience décrite par le tableau suivant

	Longueur du fil (cm)	*nature du fil*	*objet suspendu*	*masse (g)*	*durée de 10 aller retours (s)*
Pendule 1	*30*	*Nylon diamètre 0,20 mm*	*boule*	*30*	
Pendule 2	*40*	*Nylon diamètre 0,20 mm*	*boule identique*	*30*	
Pendule 3	*50*	*Nylon diamètre 0,20 mm*	*boule identique*	*30*	

1) Quel est l'élément qui varie?
2)Ils veulent savoir si la masse de l'objet a une influence sur la durée des battements.
Que penses-tu de leur expérience ?Justifie ta réponse.
La première question porte sur la lecture du tableau. Nous avons introduite le terme '*élément'*. Ce terme a été choisi pour remplacer les mots '*chose', 'truc'* utilisés par les élèves. Il a été choisi également parce qu'il avait plus de sens pour eux que le mot 'paramètre' ou que le mot 'variable' qui peut correspondre une fois à ce qui varie et une

autre fois à une constante. Ce terme '*élément'* satisfaisant pour la séquence devra ensuite être remplacé par un terme plus normalisé tel que '*facteur'*. A partir du tableau, il faut donc repérer les différents éléments, le nombre de manipulations, ce qui est constant et ce qui est variable, ici la longueur du fil.

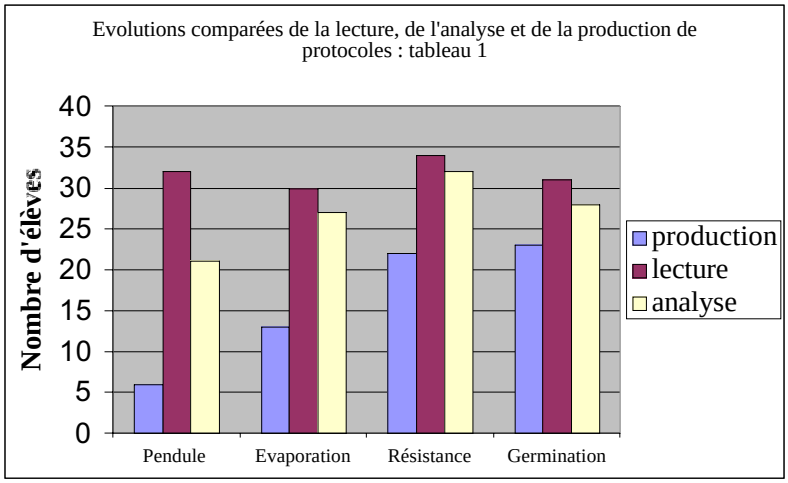
La seconde question porte sur l'analyse du protocole. Ici, il faut apprécier la 'non pertinence' de la variable par rapport à l'hypothèse connue. D'autres fois, il faut retrouver l'hypothèse.

Si, pour des élèves de CM, lire un tel tableau ne pose pas de réelles difficultés il en va autrement de son analyse, les élèves ne regardant pas systématiquement l'unicité du facteur variant et ne faisant pas forcément le rapprochement entre celui-ci et l'hypothèse à tester.
Ainsi, avec l'exercice ci-dessus posé en CM1, 32 élèves sur 34 trouvent comme variable '*la longueur du fil'* (réponse correcte). Au niveau de l'analyse, 20 élèves (59%) critiquent le protocole avec une justification telle que '*il aurait fallu faire varier la masse'* ou '*ils auraient dû faire varier la masse et non la longueur',* tandis que 5 ne donnent pas de justification, 2 trouvent le dispositif '*correct'* (1 parce que les lests sont identiques) et 7 apportent des réponses sans rapport avec la question.

b) Au niveau de l'élaboration de protocoles, quand il faut tester deux hypothèses

Pour l'élaboration de tests d'hypothèses, par exemple, nous avons donné, à certains élèves, la consigne suivante pour le pendule (en CM1) : *propose une ou plusieurs expériences pour savoir si la longueur du fil ou la nature du lest ou les deux ont une influence sur la durée de 10 allers retours* (ces hypothèses ont été émises auparavant par la classe, trois autres portaient sur la nature du lest, la nature et le diamètre du fil). D'autres élèves travaillaient sur les autres hypothèses, avec des consignes semblables.
En observant les propositions nous constatons que 5 élèves sur 36 proposent un ou deux protocoles permettant de réaliser les expériences car ils mentionnent la variable appropriée et les constantes.

On s'aperçoit avec les résultats (tableau 1 ci-après) correspondant à des situations où les trois types d'exercice ont été réalisés, que si l'analyse d'un protocole est plus difficile que la lecture d'un tableau, produire un protocole est encore plus difficile. La représentation graphique tient compte de la chronologie des exercices, les propositions de protocoles arrivant avant la lecture pour chaque thème.



L'élaboration de protocoles occasionne de grosses difficultés aux élèves, les protocoles proposés ayant plusieurs types de défauts. On peut regarder lors des deux études placées en fin de 1ère année et en fin de 2nde année (CM2), les différents types de protocoles recueillis et leurs évolutions (tableau 2).

Pendule	Pour 36 élèves	**Germination**
40	**Nombre de réponses pour** deux **hypothèses**	58
Pourcentage de chaque type de réponses par rapport au nombre de réponses		
10	Réponses inclassables	**0**
5	affirmation a priori d'une dépendance ou non dépendance	**3**
7	protocoles avec 1 seul essai (impossibilité de comparaison)	**2**
20	protocoles avec tout constant (impossibilité de comparaison)	**2**
25	protocoles avec plusieurs facteurs variant en même temps (pas de conclusion possible)	**10**
3	protocoles avec variable inadaptée par rapport à l'hypothèse	**0**
7	protocoles avec uniquement la variable pertinente par rapport à l'hypothèse	**0**
23	protocoles avec variable pertinente et constantes	**83**

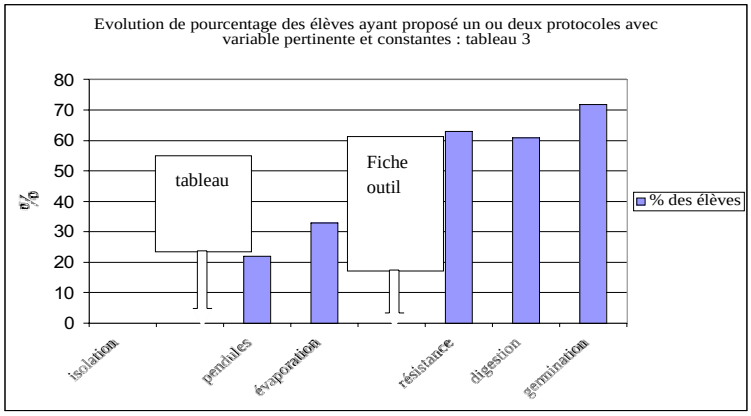
Les différents types de réponses proposées pour tester 2 hypothèses : tableau 2

Certains élèves ne voient pas l'intérêt d'effectuer un test pour l'hypothèse considérée et affirment d'emblée sa véracité ou sa non véracité. Cependant le nombre de protocoles augmente d'une année sur l'autre ainsi que le nombre de protocoles permettant de réaliser une expérimentation (protocoles avec variable pertinente et constantes).

Certains élèves ne voient pas la nécessité de comparer et ne donnent qu'une valeur à la variable. Ils font un test pour savoir si 'ça marche' comme pour voir si 'ça coule'. Ce type de protocole diminue ainsi que celui consistant à répéter plusieurs fois la même manipulation (qui ne permet pas non plus de déduire si le paramètre considéré a ou non une influence). Mais persiste un pourcentage important de protocoles avec plusieurs facteurs variant en même temps ; c'est ici que l'on rencontre une difficulté majeure, beaucoup d'élèves pensant que plus de facteurs varient en même temps, meilleure est l'expérience.

Au niveau des résultats individuels on peut noter une corrélation entre les performances d'analyse et celles d'élaboration des protocoles : une élaboration correcte de protocole est suivie d'une analyse correcte, une analyse incorrecte est suivie d'une production incorrecte ; en revanche une analyse correcte peut ne pas être suivie d'une élaboration d'un protocole pertinent.

Si nous regardons comment évolue le pourcentage des élèves ayant proposé un ou deux protocoles permettant une expérimentation, protocole avec la variable pertinente et les constantes, nous pouvons obtenir le tableau 3 ci-après.



Cette représentation graphique met en évidence deux sauts :

- l'un entre l'isolation thermique (0%) et le pendule correspondant à l'introduction des tableaux ;
- l'autre avant la résistance électrique correspondant à l'élaboration de 'fiches outils'.

- Pour la germination 32 élèves sur 36 présentent leurs protocoles sous forme de tableaux. Toutes les affirmations a priori sont présentées sous forme de texte libre. Les élèves proposant des protocoles pertinents sous cette forme ne fournissent qu'un seul protocole sur les deux nécessaires, tandis que les élèves utilisant le tableau en fournissent deux, ce qui tend à montrer l'importance de cet outil pour la structuration de ce type de protocoles. Mais présenter un protocole sous forme de tableau demande à des élèves de CM un apprentissage spécifique, parfois long, pour, par exemple, affecter un facteur à une colonne, trouver le nombre de lignes en rapport avec le nombre de valeurs octroyées à la variable.
- Les 'fiches outils' (Cf. annexe), réalisées en classe à partir des études précédentes, insistent sur la méthode à mettre en œuvre et sur les points communs des situations, malgré leurs différences, favorisant ainsi le transfert. Bien que celles-ci soient intégrées dans un contexte,

il semble qu'elles ont eu un impact difficilement quantifiable mais non négligeable. Penser qu'elles n'ont eu aucune influence paraît difficile. L'acquisition ne se fait pas au même rythme pour tous les élèves, certains n'arrivant pas au cours des deux années à proposer de protocoles pertinents. En revanche, quand les élèves ont réussi à proposer un, voire deux protocoles pertinents, pour tester deux hypothèses, ils transfèrent la méthodologie d'une situation de physique à une autre, d'une situation de physique à une situation de biologie. L'acquis perdure.

Les variables non numériques semblent ajouter une difficulté supplémentaire. Certains élèves recherchent principalement la variable parmi les valeurs exprimées avec des nombre. Ainsi, dans le tableau de protocole ci-après, certains ont vu comme variable la '*quantité d'engrais'* mais pas la '*nature du sol'* ou la '*nature de l'engrais'*. Les données 10 g et 20 g sont reconnues facilement comme deux valeurs différentes de la même grandeur, peut-être à cause de l'unité qui est identique. Il en est différemment de 'argile' et 'sable' qu'apparemment aucune signe extérieur ne rapproche.

éléments pots	*graines*	*nature de l'engrais*	*quantité d'engrais*	*nature du sol*	*quantité d'eau par jour*
premier pot	*lentilles*	*engrais fleur*	*10 g*	*argile*	*1 verre*
deuxième pot	*lentilles*	*engrais fruit*	*20 g*	*sable*	*1 verre*

Tableau de protocoles pour exercice d'analyse lors de l'évaluation sur la germination : tableau 4

Cette difficulté avec les variables non numériques se retrouve lors de la conception des protocoles, ainsi '*lumière'* et '*obscurité'* sont perçues comme deux variables et non comme deux valeurs d'une seule. Il en est de même pour le '*papier journal'* et le '*polystyrène*' qui sont deux valeurs de *'la nature de l'isolant*'.

c) Au niveau des manipulations et des conclusions

Le transfert ne s'effectue pas seulement au niveau des protocoles. Les élèves retrouvent lors des études suivantes les méthodes utilisées, les attitudes développées lors d'une étude. Ainsi après le pendule (Flandé, 1999) les élèves continueront-ils à multiplier les mesures, à confronter les résultats d'un groupe à un autre et à ne tirer une conclusion, quand

cela est possible, que si tous les groupes sont d'accord. Apparemment ils acceptent le verdict expérimental même quand celui-ci va à l'encontre de leurs conceptions initiales. Faire cohabiter plusieurs hypothèses et découvrir qu'un même phénomène peut dépendre de plusieurs facteurs n'engendrent aucune gêne. Les dépendances trouvées, ont débouché, quand cela était possible, sur des fonctions qualitatives fonctionnelles.

7. Le rôle des enseignantes

A partir des différents enregistrements, on s'aperçoit que les deux enseignantes ont des comportements globalement semblables, compte tenu des variations nécessaires au type de séances. Près des deux tiers de leurs interventions sont des questions, guère plus d'une intervention sur dix fournit une information mais celle-ci n'est jamais la réponse au problème. Cette réponse doit être trouvée par les élèves à l'issue de leurs expérimentations, les enseignantes restant les 'garants scientifiques'. En outre les maîtresses laissent effectuer des expérimentations même quand elles savent que celles-ci ne permettront pas de répondre au problème initial. C'est ainsi que les élèves ont mis en place des expériences pour connaître quel était l'isolant qui chauffait le plus. Une grande place est laissé au débat dans la classe, débat lors des émissions des hypothèses, lors des critiques des expériences et lors des conclusions. Ces débats sont possibles car les enseignantes les organisent comme elles organisent le travail du point de vue matériel (notamment des situations de départ suscitant une investigation), ou temporel pour l'avancée didactique. Durant ces deux années s'est mis en place un nouveau contrat didactique qui, par une routinisation de certaines phases, incite les élèves à avoir des initiatives, à émettre des hypothèses (des affirmations peut-être fausses mais qui ne seront pas jugées) à utiliser les outils mis en place (tableaux, fiches outils) à proposer des expériences visant à ne tester qu'une seule hypothèse à la fois et à réaliser celles-ci.

8. Conclusion

Les élèves avec lesquels nous avons travaillé sont parvenus à utiliser la notion de variable : pour la dernière évaluation, 72% ont proposé des protocoles permettant une expérimentation alors qu'on leur demandait de tester deux hypothèses, bien qu'aucun n'ait réalisé cela pour la première étude. Bâtir des tests d'hypothèses est donc accessible à une majorité d'élèves de cours moyen. Mais de nombreuses difficultés existent au niveau du vocabulaire, de la mesure (activités, notion d'incertitude), de l'émission d'hypothèses, de l'élaboration de tableaux, des tests eux-mêmes (nombre de manipulations, unicité de la variable, pertinence de celle-ci), des manipulations à réaliser (conformité par rapport au protocole). Des difficultés perdurent chez certains élèves : pas de comparaisons ou variables multiples, non compréhension des variables non numériques. Les résultats obtenus n'ont été possibles qu'à la suite d'un travail explicite concernant les compétences scientifiques correspondant aux difficultés évoquées. Ce travail n'a pas été laissé à la charge de l'élève, il a été pris en charge par les enseignants et a demandé un investissement lourd et un temps beaucoup plus important que le temps alloué d'habitude à ce type d'activités.
Ces apprentissages aussi complexes ne peuvent être une succession d'activités sans lien mais passent, au contraire, par une programmation des activités et des constructions didactiques cohérentes, savoirs et compétence se co-construisant en interactions fortes.

REFERENCES

Bottin, M., Hot, L., Martinand, J-L. (1983). Mesurages et initiation aux sciences physiques. *BUP* N° 650 pp. 403-448.
Cauzinille-Marmèche, E. et al.(1983). *Les savants en herbe.* Berne : Peter Lang,
Cauzinille-Marmèche, E., Méheut, M., Séré, M.G., Weil-Barais, A., (1985). The influence of a priori ideas on the Experimental approach. *Science Education*, 69. (pp. 201-211).
Flandé, Y. (1999). La mesure pour le test d'hypothèses avec des élèves de 9 à 11 ans. In *Premières rencontres de l'ARDIST.*

Flandé, Y. (2000). *Protocoles expérimentaux, tests d'hypothèses et transfert, en sciences, à l'école primaire.* Thèse Université Paris 7.
Inhelder, B. (1954). Les attitudes expérimentales de l'enfant et de l'adolescent. *Bulletin de Psychologie,* Vol 7, N°5. Paris.
Macedo de Burhi, B. (1981). *Etude des pré-acquis de l'enfant sur les notions de chaleur et de température : application au processus d'enseignement-apprentissage*. Thèse Université Paris 7.
Méheut, M. (1982). *Combustions et réactions chimiques dans un enseignement destiné à des élèves de sixième.* Thèse Université Paris 7.
Meirieu, P. (1996) *Actes du colloque organisé à Lyon 'Le transfert de connaissances en formation initiale et formation continue'.* Lyon : CNDP/CRDP.
Mendelsohn, P. (1996). Le concept de transfert . *Actes du colloque organisé à Lyon 'Le transfert de connaissances en formation initiale et formation continue'.* (pp. 11-21). Lyon : CNDP/CRDP.
Millar, R. (1996). Investigation des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance. In *Didaskalia N° 9.*
Paulin, M. (1979). Comment les enfants sont-ils conduits à séparer les variables dans des activités scientifiques scolaire ? *Actes des premières Journées sur l'Education Scientifique de Chamonix.* '*Les démarches expérimentales, théorie et pratique*. (pp. 208-232). Paris Université Paris 7.
Postic, M. (1981). *Observation et formation des enseignants*. Pédagogie d'aujourd'hui. Paris : PUF.
Nunez Fernandez, M. S. (1978). *La démarche expérimentale chez l'enfant de 10 à 13 ans.* Thèse de doctorat, Genève.
Viennot, L. (1992). Raisonnement à plusieurs variables : tendances de la pensée commun. *Aster*, N° 14. *Raisonner en sciences*. (pp. 127-139). Paris : INRP.
Weil-Barais, A. (1998). *L'homme cognitif.* (pp. 417-558). 4ème édition Paris : PUF.

ANNEXE

Exemple de 'Fiche outil' :
'Je propose un dispositif d'expérience'
Je ne peux vérifier ***qu'une hypothèse à la fois***
Pour que mon dispositif convienne il faut donc :

- *que je* ***choisisse l'élément que je dois faire varier en fonction de l'hypothèse***
- que je fixe les éléments qui ne doivent pas varier.

ANALYSE DES DISCOURS EN CLASSE DE PHYSIQUE

TROIS METHODOLOGIES COMPLEMENTAIRES

Monique Saint-Georges
Bernard Calmettes

Centre d'étude et de recherche sur la formation
IUFM du Limousin
IUFM de Midi Pyrénées

Une façon d'observer et de questionner les pratiques d'enseignement consiste à étudier les discours des professeurs et de leurs élèves pendant les séances de classe. Il s'agit là d'un choix fondé sur le fait que c'est par le langage que passe l'essentiel de l'enseignement. Quelle méthode mettre en œuvre pour analyser un dialogue en situation de classe ? Les processus qui s'y déroulent sont complexes ; or tout mode d'observation privilégie un type de "regard". Des études ont déjà été faites, par des chercheurs de champs disciplinaires différents, à propos d'une même séance, par exemple une leçon de mathématiques (Blanchard-Laville, 1997). Nous proposons une investigation sur huit séances de travaux pratiques de physique portant sur le même objet d'enseignement. Chaque séance de travaux pratiques est enregistrée au magnétophone. Le corpus global, constitué des transcriptions des huit séances de classe, est soumis à trois méthodes d'analyse. Deux d'entre elles font intervenir des logiciels de traitement lexical. Le logiciel " Alceste " conduit à une analyse statistique du vocabulaire sur l'ensemble des séances, permettant de déterminer les référents des discours (ce dont parlent globalement les enseignants et les élèves) ; un autre logiciel, « Analyser », est utilisé pour approfondir l'étude de l'usage de certains mots, selon les locuteurs et surtout de manière plus approfondie suivant les contextes. La troisième méthode consiste à caractériser les modalités d'interaction entre l'enseignant et ses élèves, analysées du point de

vue de la co-construction du savoir. La recherche exposée ici s'interroge sur l'éventuelle complémentarité que peuvent présenter ces différentes méthodes

1. Les séances de classe

Les séances de classe qui sont objets d'analyses ont été réalisées avec une même catégorie d'élèves (des classes de seconde) et portent toutes sur le même objet d'enseignement (comment réaliser un clignotant électrique). Huit professeurs, stagiaires en formation initiale en IUFM, les ont réalisées dans leurs classes après les avoir préparées en commun.

1.1 Un même déroulement pour les séances

Dans l'ancien programme de seconde, les séances se situaient à la fin du premier trimestre, en fin d'enseignement de la partie électricité. Le déroulement peut actuellement être adapté pour le collège, en fin de troisième. Le sujet de la séance de TP est présenté aux élèves comme un problème à résoudre : ils doivent élaborer puis construire un circuit électrique qui assure une fonction précise, la fonction de clignotant.

La consigne

Le circuit clignotant doit être formé de " deux composants qui clignotent alternativement ". Le même sujet est traité par tous les stagiaires. Le circuit que peuvent élaborer les élèves d'une classe de seconde, en justifiant leurs choix, est le suivant : deux diodes électroluminescentes, montées en parallèle et en sens inverse, sont alimentées par un générateur de très basses fréquences (tension rectangulaire), et protégées par une résistance en série avec le générateur.

Les propositions de schémas

Tous les élèves ne proposent pas d'emblée une telle solution ; c'est justement l'argumentation des schémas proposés par chacun qui est recherchée dans la première partie de la séance.

Le calcul de la valeur de la résistance

Dans une deuxième partie, les élèves doivent déterminer la valeur de la résistance de protection. Enfin, ils réalisent le montage.

1.2 La préparation des séances et les tâches des enseignants

Pendant la préparation commune en IUFM, le groupe de professeurs convient de gérer la séance selon un même déroulement. Dans la première partie, ils guident leurs élèves dans le choix des composants et dans l'élaboration du circuit ; ils organisent des confrontations entre différents schémas obtenus par les élèves. Si la séance est gérée sur un mode interactif, c'est un moment privilégié où les élèves ont la possibilité d'exprimer leurs conceptions concernant le courant électrique, ainsi que leurs raisonnements spontanés (Viennot, 1996). Dans la seconde partie, ils aident les élèves à réinvestir les connaissances acquises sur les concepts de courant et tension, ainsi que les lois d'additivité des tensions et la loi d'Ohm. Dans l'analyse du corpus, nous prendrons en compte les tâches essentielles des élèves lors des deux parties, ce qui détermine aussi les tâches des enseignants

2. Première méthode : analyse statistique du vocabulaire

2.1 Le fonctionnement général du logiciel

L'utilisation du logiciel d'analyse de données Alceste peut-être justifiée si l'on considère que des locuteurs (enseignants et élèves) vont discourir à propos d'un même objet : la conception d'un montage "clignotant". Le logiciel permet de traiter l'ensemble des transcriptions. Il effectue des calculs statistiques sur les nombres de fois que les mots sont utilisés (les formes lexicales) dans les phrases ou des parties de phrases (unités de contexte élémentaires) et sur les rapprochements entre ces mots dans ces unités de contexte. Il fournit alors un certain nombre de fichiers faisant ensuite l'objet d'analyse. Il s'agit globalement d'un regroupement des mots ou des groupes de mots par classe suivant leurs places respectives dans les phrases. Par exemple, deux mots fréquemment juxtaposés dans des phrases seront placés dans la même classe. Chaque classe est par ailleurs caractérisée par le chercheur sur la base de son profil (la liste des mots de la

classe), son antiprofil (la liste des mots qui ne sont pas dans la classe) et une liste d'unités de contexte dans lesquelles on peut retrouver les mots considérés les plus significatifs de la classe. Les mots et les classes font ensuite l'objet par le logiciel d'un traitement informatique aboutissant à une analyse factorielle de correspondances (AFC).
Des variables illustratives, positionnées sur l'AFC à la fin du traitement, permettent de repérer les espaces textuels dans lesquels se situent les discours des locuteurs : P_… des trois premières lettres du prénom du professeur stagiaire ou E_… suivi des trois mêmes lettres. On a ainsi par exemple : P_ste et E_ste pour désigner les discours du professeur stagiaire Stéphanie et de ses élèves.

2.2 Les résultats de l'analyse

La mise en évidence de trois classes de mots (figure 1)
A partir du corpus global des transcriptions, le logiciel Alceste retient des mots et donne trois classes positionnées sur une AFC à deux dimensions dont voici une forme simplifiée.

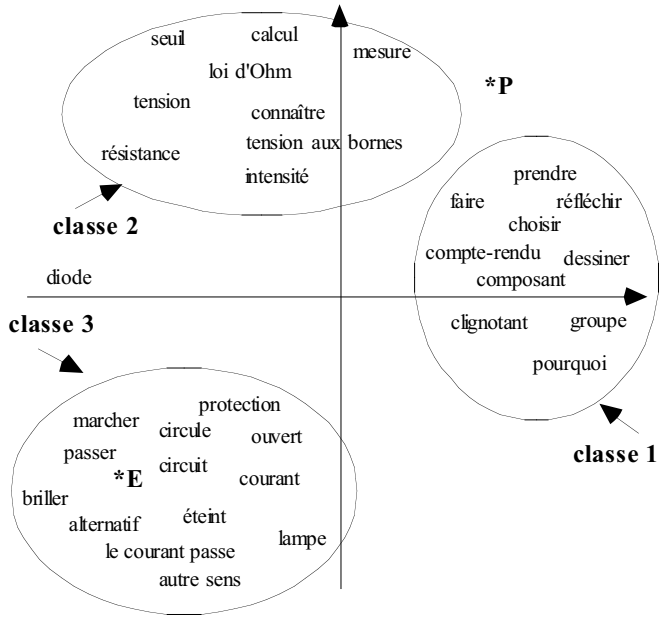


Figure 1 : AFC des discours

Les mots qui se trouvent regroupés dans la classe 1 correspondent à des consignes (faire, prendre, dessiner, faire, choisir) données de manière directives *("vous allez faire"*, "*il faut que…*", "*vous allez…*"), à des modalités souhaitées pour l'organisation (réfléchir et travailler en groupe, faire un compte-rendu), à certains mots scientifiques permettant de préciser l'objet de la séance (composant, clignotant). Ce vocabulaire, utilisé majoritairement par les enseignants (chi2 = 55) fait partie du "discours d'accompagnement" (El Hajjami et al., 1999), et correspond essentiellement à la partie introductive de la séance mais certains professeurs stagiaires ont besoin d'y revenir dans le courant de l'activité.

Le vocabulaire regroupé dans la classe 2 concerne plutôt les propriétés physiques du circuit dans une perspective d'étude de fonctionnement, avec utilisation de la loi d'Ohm (calcul, tension aux bornes, intensité, résistance, seuil). C'est également un vocabulaire utilisé majoritairement par les enseignants, surtout utilisé dans la deuxième partie de la séance pendant laquelle doit être calculée la valeur de la résistance de protection.

Dans la classe 3, on trouve des mots se rapportant à des « objets » ou à des propriétés « matérielles » du circuit électrique : le courant passe, il circule, ouvert, fermé, dans l'autre sens. Ce vocabulaire est essentiellement utilisé par les élèves (chi2 = 104). à la fin de la première partie de la séance pendant laquelle il y a discussion autour de la conception du circuit permettant la fonction "clignotant".

Les résultats spécifiques pour quelques mots:

- le mot "diode" se situe entre les classes 2 et 3 (voir figure 1); il est en effet utilisé par les élèves en tant qu'objet composant d'un circuit quand ils élaborent le schéma du montage et par les enseignants par l'intermédiaire de ses grandeurs physiques caractéristiques quand ils présentent le calcul de la résistance de protection.
- certains mots sont utilisés préférentiellement par les enseignants, d'autres plutôt par les élèves. C'est le cas pour :

  * intensité (vocabulaire "professeur") : *"On a une intensité que l'on peut fixer à 20 mA"* ou *"C'est l'intensité qui parcourt la diode"*

* tension (vocabulaire “professeur”) *: "Une flèche de tension dans le bon sens"* ou *"La tension aux bornes de la résistance".*

* courant (vocabulaire “élève”) : *"Le courant passe par la résistance qui abaisse le courant de la diode"* ou *"Le courant ne peut pas passer et il ne revient pas".*

La différenciation entre les enseignants et entre les classes d’élèves (figure 2)

Le logiciel situe sur l’AFC les variables illustratives caractéristiques des discours des élèves et des enseignants. La répartition de ces points rend compte des vocabulaires essentiellement investis par chacun d’eux.

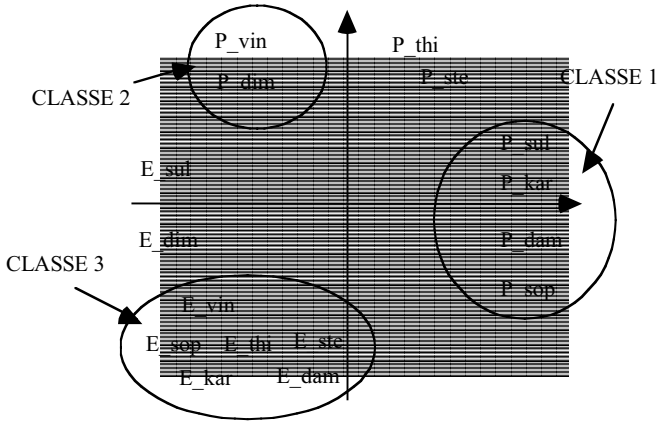


Fig. 2 : Différenciation des discours suivant les locuteurs dans l’AFC

Les professeurs stagiaires Sully, Karine, Damien et dans une moindre mesure Sophie ont des discours situés essentiellement dans la classe 1 ; les mots qui s'y retrouvent correspondent au domaine organisationnel. On peut éclairer ce résultat en précisant que Karine commence sa séance en disant *: "Aujourd’hui, on va faire un travail un peu spécial"*… Ils passent donc davantage de temps à présenter les nouvelles modalités de travail et les objectifs de la séance. La situation ouverte n’est pas du domaine coutumier pour ces professeurs stagiaires et pour leurs élèves qui demandent d’ailleurs de nombreux éclaircissements *: " Est-ce qu’on peut utiliser le livre ?* ", " *Est-ce que c’est noté ?* ", ou *" On a le droit de… ?* "

Vincent et Dimitri, dont les discours sont situés dans la classe 2, interviennent surtout lors de l'explicitation du calcul de la résistance de protection.
Les discours de Thibaut et de Stéphanie représentés par les points P_thi et P_ste, se situent à égale distance des deux classes 1 et 2.
Les discours des élèves sont essentiellement regroupés dans le nuage de mots de la troisième classe. Seuls les élèves de Dimitri et surtout ceux de Sully semblent utiliser des mots relevant de la classe 2, relatifs à la phase de calcul de la résistance de protection.

2.3 Les limites de l'utilisation de l'analyse du corpus par le logiciel Alceste

L'étude réalisée grâce au logiciel d'analyse lexicale apporte des informations sur les vocabulaires employés par les élèves et par les enseignants. Il convient cependant de noter certaines limites méthodologiques. Le logiciel est sensible au poids statistique (le nombre) des formes . On peut se demander si certains mots importants pour l'étude du circuit proposé ne seraient pas absents de l'analyse parce que pas assez utilisés par les locuteurs. Une lecture attentive et systématique des discours en référence aux savoirs a priori en jeu montre que, dans le cas présent, aucun terme important pour la réalisation de la tâche demandée n'était absent des discours.
Il faut également prendre en compte le fait que l'analyse réalisée avec Alceste est statistique et relative à la totalité du discours de tous les locuteurs. Le mot "courant" est placé dans la classe des mots utilisés préférentiellement par les élèves. Cela ne signifie pas que les enseignants ne l'utilisent pas mais signifie plutôt que ce mot est plus utilisé statistiquement par les élèves. L'AFC ne permet pas de conclure sur le sens que les uns et les autres accordent aux mots, à leurs contextes d'utilisation et aux modes de construction des savoirs scientifiques.

3. Deuxième méthode : analyse du sens attribué à certains termes

3.1 Le repérage des contextes des mots

L'échange oral, pendant une séance de classe, passe essentiellement par le langage naturel : la conversation scolaire met en œuvre un langage parlé, mélange complexe d'expressions de statuts différents qui constituent le discours, aussi bien de l'enseignant que des élèves (Goffard, 1998). Certains mots, qui servent de support aux concepts, peuvent avoir des sens différents selon le moment où ils interviennent et la façon dont le locuteur les utilise. Ce phénomène est bien illustré par le mot "courant", qui peut être employé dans son sens quotidien ("le courant électrique" par exemple) ou son sens scientifique (circulation de charge). Le but de l'analyse du discours des élèves et de leurs professeurs consiste à repérer le sens que chacun attribue aux mots qu'il emploie lors d'une argumentation ou d'une explication. La méthode consiste à étudier leur contexte dans les phrases. Pour ce faire, nous utilisons un logiciel d'analyse linguistique ("Analyser") qui est un générateur de concordances : fabriquer une concordance consiste à prendre tout les mots d'un texte, déterminer pour chacun de ceux-ci les contextes antérieur et postérieur (alors qu'Alceste pouvait isoler des parties de discours) et enfin les classer dans l'ordre alphabétique. De fonctionnement plus simple qu'Alceste, il est maîtrisé par les professeurs stagiaires eux-mêmes, qui le réinvestissent en formation (Saint-Georges et Bonnefois, 1998).

Des travaux linguistiques (Collet, 1996) proposent deux niveaux de description des entités lexicales sur lesquelles s'appuie l'apprentissage de l'énergie : le niveau notionnel, lié à la langue et le niveau conceptuel, associé au modèle scientifique. Ceux-ci contribuent tous deux à la construction du domaine conceptuel. En fin d'apprentissage, les discours se situent plutôt au niveau conceptuel. Nous proposons ici de reprendre ce type de travail à propos des concepts de tension et courant.

Des critères pour distinguer les différents niveaux peuvent être établis. Quand il est employé au niveau conceptuel, le mot est accompagné de certaines de ses caractéristiques scientifiques (unités, valeurs

numériques, loi), d'adjectifs ou d'expressions qui peuvent lui être associées dans une formulation scientifique acceptable, pour le niveau scolaire considéré. Le niveau notionnel correspond, soit à un usage du mot intégré au langage quotidien (par exemple : *"on va mettre une tension"*), soit à une conception erronée *("la tension passe"* ou *"la tension de la diode*"), ou à un raisonnement séquentiel, très fréquent dans la première partie de la séance *("le courant part de ..." ou "s'arrête là…*").

3. 2 Les résultats de l'analyse des contextes

Pour les termes de "courant" et "tension", nous présentons la liste de quelques expressions associées à chacun des niveaux, telles qu'elles apparaissent dans les huit transcriptions, aussi bien dans le discours des élèves que dans celui des enseignants.

Expressions associées au terme "courant"

niveau conceptuel	Courant *continu ; sinusoïdal* Le courant *circule ; passe* (sauf s'il est accompagné de : *"par là"*) Intensité du courant
niveau notionnel	Le courant *s'arrête ; est bloqué ; est repoussé ; passe par là ; part de… arrive à…* Le courant *a le droit de…*

Le tableau suivant indique les nombres d'utilisations des mots, suivant leurs acceptions.

Usage du mot "courant" dans les 8 transcriptions

Les classes de :	par les élèves		par leur professeur	
	niveau notionnel	niveau conceptuel	niveau notionnel	niveau conceptuel
Damien	0	3	2	2
Dimitri	1	5	2	4
Karine	2	2	5	6
Sophie	2	10	2	8
Stéphanie	1	1	1	0
Sully	1	3	5	4
Thibaut	3	3	2	2
Vincent	3	1	1	3
total	13	28	19	28

Le terme de courant est utilisé tout autant par les enseignants que par les élèves, la répartition sur les deux niveaux (notionnel et conceptuel) se faisant à peu près de la même façon pour les deux catégories de locuteurs. Cette analyse permet de mettre en évidence des espaces de signification partagée, ce qui ne pouvait apparaître dans l'étude statistique réalisée avec "Alceste".

Expressions associées au terme "tension"

niveau conceptuel	Tension *continue ; sinusoïdale* Tension *aux bornes de… ; entre… et … ; de X volts* *Générateur de* tension
niveau notionnel	La tension *passe* La tension *de la diode ; de la résistance* *Mettre* une tension

Qu'en est-il de l'usage par les professeurs et leurs élèves ?

Usage du mot "tension" dans les 8 transcriptions

Les classes de :	par les élèves		par leur professeur	
	notionnel	conceptuel	notionnel	conceptuel
Damien	0	1	0	2
Dimitri	0	2	1	4
Karine	0	2	1	3
Sophie	0	2	1	13
Stéphanie	4	1	4	20
Sully	1	3	1	20
Thibaut	0	1	1	2
Vincent	0	2	0	11
total	5	14	9	75

On constate globalement une grande disparité entre les élèves et les professeurs dans l'usage de ce mot (19 fois pour les élèves, 84 fois pour les enseignants). On peut penser que ce décalage est dû au fait que c'est un terme qui intervient essentiellement dans la seconde partie de séance (le calcul de la résistance), où les enseignants ont pris la parole le plus fréquemment. Pour apporter des précisions sur ce point, il sera donc nécessaire de faire appel à l'analyse des modalités d'interaction et des modes de prise de parole.
Dans les huit classes, les élèves font tous à peu près le même usage du mot "tension" utilisé en moyenne 2 fois. Par contre, des spécificités

apparaissent chez les professeurs dans la façon dont ils l'utilisent. Sully et Stéphanie en font un usage fréquent et sont préférentiellement dans le registre conceptuel (20 fois au niveau conceptuel contre 3 ou 1 fois pour les élèves), Sophie et Vincent un peu moins, alors que Damien, Dimitri, Thibaut et Karine sont très proches de leurs élèves. Là encore, pour aller plus loin, il devient nécessaire de s'interroger sur la façon dont les élèves et les enseignants prennent la parole dans la classe.

4. Troisième méthode : analyse des interactions

4.1 Des critères pour caractériser les interactions

Tout discours est une "construction collective" ou une "réalisation interactive" (Kerbrat-Orecchioni, 1998). Pour étudier la relation interactive qui s'établit entre le professeur et ses élèves, on peut faire appel à deux modalités possibles d'interaction que sont la tutelle et la médiation (Weil-Barais et Dumas Carré, 1998). La tutelle correspondrait plutôt à un modelage de conduite des élèves par des guidages de l'enseignant ; l'élève peut alors y répondre de manière satisfaisante pour l'enseignant mais sans avoir idée des autres possibilités de réflexion. La médiation relèverait plutôt de la construction d'une connaissance par négociation (Traverso, 1999). Le professeur questionne les propositions des élèves, ne les juge pas et leur donne l'occasion d'argumenter et de discuter la validité de leurs propres choix. Il interprète les propositions des élèves en prenant en compte leur mode de pensée pour aménager un terrain de discussion possible avec eux (Larcher et Chomat, 1998).

Pour les deux types d'interaction, on retrouve bien sûr des points communs : encouragements, invitation à l'explication, rappel de l'attention. Pour les différencier dans les transcriptions que nous avons utilisées, deux critères apparaissent pertinents ; pour chacun d'entre eux, les indices caractéristiques, qui peuvent être pris en compte dans l'analyse d'un dialogue de classe, sont détaillés dans le tableau suivant.

critères	tutelle	médiation
Répartition de la durée du discours et mode de prise de parole	- la 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, résultat d'un calcul).	- les durées des discours des élèves et de l'enseignant sont équilibrées ; - les élèves ont la possibilité de faire des phrases (même courtes) ; - les élèves ont la possibilité de faire des propositions et de les justifier ; apparaissent alors des expressions comme *: parce que.., comme…, puisque…*
Prise en compte des erreurs	- l'enseignant corrige immédiatement les erreurs, en donnant la bonne réponse et/ou d'une justification : *"non, parce que.."* ou *"non, rappelle-toi que…"* ou *"non, on a dit que…"*	- l'enseignant provoque la confrontation des réponses à des contradictions individuelles : *"mais alors tu disais que.."* ou à d'autres propositions d'élèves (avec renvoi à la classe) *: "et vous, qu'en pensez-vous ? "*

Pour avoir des informations sur les durées relatives des discours, on peut, par exemple, relever le nombre de mots notés dans les transcriptions. Les mots n'ayant aucun rapport avec la physique sont enlevés (exemple : " Monsieur, qui a gagné hier soir à Beaublanc ? "). En divisant les nombres de mots par les nombres de tours de parole, on obtient le nombre de mots moyens par prise de parole pour les enseignants et les élèves. Ces rapports sont indicatifs de certaines caractéristiques des prises de parole des uns et des autres. Par exemple, on peut penser que des élèves, pour lesquels le nombre moyen de mots par phrase est voisin de 10, ont la possibilité de faire plus de propositions argumentées que les élèves pour lesquels le nombre moyen est de 4. Les informations sur le mode de prise de parole des élèves sont, bien sûr, indispensables pour confirmer cette interprétation. Pour ce faire, nous décomptons le nombre de propositions qu'ils font et celui des justifications qu'ils fournissent, ceci pour chaque partie de la séance. Pour le critère "prise en compte des erreurs des élèves", nous faisons figurer le nombre de fois où le professeur corrige immédiatement la réponse erronée, et le nombre de fois où il place l'élève en face d'une contradiction, ou lui propose une reformulation.

4.2 Les résultats de l'analyse des interactions

Dans toutes les séances de travaux pratiques analysées, deux épisodes dialogués (correspondant aux deux premières parties de la séance) sont observés. Les professeurs y interviennent soit comme tuteur, soit comme médiateur.

Nombre de mots pour chaque locuteur : répartition professeurs/élèves

Nombre de mots	Classe de Damien	Classe de Dimitri	Classe de Karine	Classe de Sophie	Classe de Stéphanie	Classe de Sully	Classe de Thibaut	Classe de Vincent
prof. (P)	473	628	1837	1794	1295	2976	1444	1002
élèves (E)	348	359	302	529	612	397	1187	281
P/E	1,36	1,75	6,08	3,39	2,12	7,50	1,22	3,57

Il apparaît tout de suite une grande diversité selon les enseignants, les rapports P/E allant de 1,22 à 7,5.

Modes de prise de parole des élèves et gestion des erreurs par le professeur

Les classes de	Nombre moyen de mots par tour de parole		Mode de prise de parole par les élèves : propositions, justifications		Gestion des erreurs par le professeur	
	Par professeur	Par élèves	Partie 1	Partie 2	Correction immédiate	Mise en contradiction, reformulation
Damien	7	6	13	1	4	5
Dimitri	12	7	7	0	0	4
Karine	32	5	12	0	0	6
Sophie	34	10	17	2	1	5
Stéphanie	16	7	10	1	0	4
Sully	32	4	2	2	7	0
Thibaut	26	11	20	2	1	2
Vincent	13	4	7	2	3	1

4. 3 Quelques études de cas

Pour les cas de Sully et de Thibaut, cas extrêmes en termes d'échanges :
Sully : 91 tours de parole enseignant et 99 tours de parole élèves soit quasiment une alternance de la prise de parole entre l'enseignant et, chaque fois, un des élèves de la classe. On a environ 30 mots par prise de parole pour l'enseignant et 4 mots par prise de parole des élèves, donc peu d'argumentation ou d'explicitation de la part de ces derniers.
Thibaut : 55 tours de parole pour l'enseignant et 108 tours de parole pour les élèves soit en moyenne un échange avec au moins deux élèves ou des échanges entre deux élèves qui ne passent pas par l'enseignant. On a environ 28 mots par prise de parole de l'enseignant et 10 mots par prise de parole des élèves. Les élèves de Thibaut font, en moyenne, des phrases plus longues : ils ont la possibilité d'argumenter ou d'expliquer. Une observation plus approfondie de la transcription montre qu'ils peuvent même débattre entre eux.
Les résultats figurant dans la colonne "mode de prise de parole" (dans la partie 2 de la séance) montrent que lors de l'épisode du calcul de la résistance, les pratiques des enseignants sont peu différentes. Pressés par le temps, ils ont rarement laissé à leurs élèves la possibilité de faire des propositions et de la justifier. Ils traitent souvent le problème eux-mêmes, sans établir de relation interactive. Par contre, dans la première partie, les enseignants se distinguent nettement entre eux par le nombre moyen de mots pour chaque tour de parole et par le nombre de propositions de leurs élèves. Par exemple, Sully et Vincent sont sur une dominante de tutelle, Sophie, Karine, Thibaut et Stéphanie ont sur ces critères un rôle proche de celui d'un enseignant médiateur. Quant à Dimitri et Damien, ils semblent se situer dans une relation de médiation plutôt que de tutelle, mais le nombre d'échanges dans la classe reste faible.

5. Apports croisés des différentes méthodologies

Comment articuler les résultats donnés par les trois méthodes d'analyse ? Pour Vincent, l'analyse du mode d'interaction le place dans le mode « tutelle » ; l'analyse globale du vocabulaire (Alceste) le place dans une dominante de calcul (classe 2). On constate que c'est

l'enseignant dont le discours est le plus "éloigné" de celui des élèves, qui, eux, parlent plutôt des composants du circuit. On comprend bien que, dans ce cas, un échange visant à une co-construction soit difficile, puisque les uns et les autres partagent peu le même langage. Pour cet enseignant, les analyses dessinent un profil cohérent, mais ce n'est pas systématiquement le cas pour tous les autres.

On pourrait supposer, par exemple, qu'un enseignant médiateur qui prend en compte les propositions de ses élèves, les reformule, entre dans leur mode de pensée, se situe souvent sur le niveau notionnel (comme eux), du point de vue de l'usage des mots de la physique. Pour Thibaut, les résultats ne sont pas vraiment significatifs. Pour Sophie et ses élèves, il semble que la médiation puisse se situer au niveau conceptuel. Par contre, Sully et Vincent, qui établissent une relation à dominante de tutelle, se retrouvent bien tous les deux sur un niveau conceptuel, alors que leurs élèves restent au niveau notionnel. Les modes d'analyse fournissent chacun des informations qui se complètent, apportant des nuances dans un essai de caractérisation des pratiques enseignantes.

De même, le croisement de deux méthodes permet de différencier les pratiques de Dimitri et de Damien. Ces derniers, avec peu d'échanges pendant les séances, semblent se situer tous les deux sur un mode d'interaction de type médiation. L'analyse globale du vocabulaire permet de montrer que Damien est plutôt sur le pôle organisationnel et Dimitri dans le domaine des calculs, ce que confirme le niveau conceptuel de son discours.

Il se peut aussi que les résultats d'une analyse éclairent ceux d'une autre. Par exemple, par la première méthode, on a vu que les élèves de Sully utilisent les mots permettant d'aboutir au calcul de la résistance de protection, ce qui est très surprenant par rapport au vocabulaire employé par les élèves des autres classes. De fait, la troisième analyse, concernant les interactions, met en évidence des échanges extrêmement brefs dans lesquels le rôle des élèves est seulement de compléter les phrases à trous de l'enseignant :

Sully : "*Pour calculer la tension, on va utiliser une loi qui s'appelle… ?"*

un élève *: "loi d'Ohm*."

Sully : "*Pour faire ce calcul, on va utiliser la loi d'additivité des… ?"*

un élève : "*tensions.*"

Les élèves de Sully utilisent les mots scientifiques, mais ne les réinvestissent pas dans des explications ou des justifications.

6. Conclusion

Il est indéniable que les trois méthodes doivent être conduites en pensant à leur complémentarité, les résultats de l'une pouvant éclairer, compléter ou moduler ceux des autres. On a montré par exemple que, pour savoir comment professeurs et élèves utilisent le terme de "courant", il faut croiser les résultats de la méthode statistique (usage préférentiel dans le discours des élèves) avec ceux de la méthode des contextes (terme utilisé le même nombre de fois par enseignants et élèves et de la même façon). Les informations issues des trois regards sur les pratiques de classes peuvent être articulées pour enrichir la connaissance des différents phénomènes qui se déroulent dans les classes. Les résultats de cette recherche, en particulier les difficultés à caractériser certains comportements d'enseignants, montrent aussi que ces phénomènes relèvent d'une complexité forte et que face à celle-ci, la multiplicité des regards et des références est souhaitable.

REFERENCES

BONNEFOIS, P. (2000) *logiciel ANALYSER – ver. 8.00* . IUFM du Limousin

BLANCHARD-LAVILLE, C. (1997) *Variations sur une leçon de mathématiques*. Paris : l'Harmattan

CALMETTES, B., & SAINT-GEORGES, M. (2000). *Le statut de l'expérimental dans l'enseignement de sciences : le " souhaité ", le " dit ", le " fait "*. Colloque de l'AESCE. Toulouse : CERFI. Université "Le Mirail"

COLLET, G. (1996). *Apports linguistiques à l'analyse des mécanismes cognitifs de modélisation en sciences physiques*. Thèse présentée à l'Université scientifique et médicale. Institut National Polytechnique de Grenoble

EL HAJJAMI, A. &al. (1999) Elaboration d'une méthode d'analyse des discours d'enseignants ; cas de l'énergie. *Didaskalia, 15*, (PP. 59-86). Bruxelles, Paris : INRP, De Boeck

GOFFARD, S. (1998). Quelles contributions (et à quelles conditions) une analyse linguistique peut-elle apporter à la réflexion des didacticiens ? In A., Dumas Carré et A., Weil-Barais. *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. (pp. 59-64). Berne : Peter Lang

KERBRAT-ORECCHIONI, C. (1998) *Les interactions verbales*. Paris : A. Colin

LARCHER, C., & CHOMAT, A. (1998). Médiation dans des situations d'entretien avec des élèves de collège à propos de la modélisation des propriétés thermoélastiques des gaz. In A., Dumas Carré et A., Weil-Barais. *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. (pp. 177-209). Berne : Peter Lang

SAINT-GEORGES, M, & BONNEFOIS, P. (1998). Analyse de pratiques et didactique : propositions pour une formation des professeurs de sciences physiques. *BUP, 805*, (pp. 997-1009). Paris : UdP

TRAVERSO, V. (1999). *L'analyse des conversations*. Paris : Nathan

VIENNOT, L. (1996*). Raisonner en physique ; la part du sens commun*. Paris : PUF

WEIL-BARAIS & DUMAS CARRE A. (1998). Les interactions didactiques : tutelle et/ou médiation. In A., Dumas Carré et A., Weil-Barais. *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*. (pp. 1-15). Berne : Peter Lang.

TEXTES COMPLEMENTAIRES

PRATIQUES D'ECRITURE EN SCIENCES EXPERIMENTALES ET FORMATION DES MAITRES

Patricia SCHNEEBERGER

IUFM d'Aquitaine et DAEST, Université Bordeaux
49 rue de l'Ecole Normale 33000 Bordeaux
patricia.schneeberger@aquitaine.iufm.fr

Introduction

Des incitations réitérées de l'Institution, plaident en faveur de l'intégration nécessaire des apprentissages langagiers dans l'enseignement des disciplines. Des travaux de didactique des sciences ont montré l'importance des pratiques langagières, en particulier l'écriture, dans les apprentissages conceptuels (A. Vérin et B. Peterfalvi, 1994 ; Aster n°6). Des dispositifs pédagogiques innovants se développent, s'appuyant sur l'écrit comme outil d'élaboration de la pensée et de construction de connaissances (Astolfi et al., 1997)

Cependant, les conditions ne semblent pas réunies pour que les pratiques d'écriture des enseignants se modifient. Une recherche conduite en association avec l'INRP (P. Schneeberger, coord., 2001) nous a permis d'amorcer une réflexion sur la formation des maîtres en instaurant une collaboration étroite entre formateurs de français et de sciences. Nos collègues de français s'appuient sur eux-mêmes sur des travaux de recherche en didactique du français (voir Repères n°12 en particulier).

Notre travail, centré sur les fonctions de l'écriture dans les apprentissages scientifiques, a débouché sur la construction d'outils d'analyse que nous avons exploités à l'occasion de différentes actions de formation. Nous en décrivons ici quelques exemples en précisant le type de changement que nous essayons de favoriser dans les pratiques des enseignants. Nos recherches ont déjà fait l'objet de plusieurs

publications (P.Schneeberger , P. Robisson, C. Gouanelle, 1999 ; M. Rebière, P. Schneeberger).

1. Des pratiques sociales de référence

L'enseignement des sciences expérimentales s'appuie, entre autre, sur le postulat d'un isomorphisme entre le travail de l'élève et celui du chercheur ou de l'expert. Cependant les conceptions qu'ont les enseignants sur l'activité scientifique sont souvent en décalage avec les pratiques réelles des scientifiques. En effet, le discours scientifique, toujours reconstruit, donne une idée fausse de la manière dont le savoir se construit dans la communauté des scientifiques. L'analyse des écrits produits dans le cadre de la recherche scientifique permet de démystifier le travail des scientifiques et de repérer les processus intellectuel de la découverte. De telles études aident également à comprendre le rôle de l'écrit dans la construction du savoir (B. Latour et S. Wlogar, 1988 ; Sutton, 1996). Les cahiers de Pasteur fournissent des exemples de pratiques scripturales très contextualisées qui peuvent être utilisés pour la formation des enseignants. A l'occasion d'une réflexion sur l'écrit en sciences, en formation initiale ou continue (premier et second degré), nous avons proposé l'étude de quelques pages de ces cahiers (extraits de F. Balibar et M.L. Prévost, 1995). Ce travail peut être conduit de différentes manières, l'idéal étant d'associer analyse linguistique et analyse épistémologique.

Un exemple de situation de formation

Première étape : Présentation des cahiers

Dans un premier temps, le formateur présente le contexte de production de ces cahiers de laboratoire et précise dans quelles conditions ils ont été rédigés.

Ensuite, le formateur soumet quelques extraits à l'examen des stagiaires et relève leurs premières impressions (écriture minutieuse, aspect "touffu", …)

Deuxième étape : Analyse de quelques pages

Les stagiaires analysent quelques pages des cahiers en s'intéressant aux aspects suivants :
nature des écrits (listes, descriptions, notes d'observation, enregistrement des résultats, protocoles, …)
organisation des écrits (multiplicité des écrits, rajouts, ratures, mises en relation, …)
fonction des écrits (conserver une trace, faire progresser la pensée, guider l'action, …)

Troisième étape : Informations sur le travail des scientifiques

Le formateur demande aux stagiaires de s'appuyer sur les analyses réalisées par le groupe pour :
caractériser le travail des scientifiques
répertorier les différentes utilisations et fonctions des écrits

Quatrième étape : Transposition didactique

Le formateur propose alors de considérer le problème de la place de l'écrit dans les apprentissages scientifiques en se référent aux études précédentes.
Les réflexions des stagiaires, leurs questions serviront de fils conducteurs pour la suite du stage, par exemple :
Comment organiser les productions écrites des élèves dans une séquence d'enseignement/apprentissage ?
Quelles conditions de l'activité scientifique mériteraient d'être prises en compte dans l'organisation des situations d'apprentissage ?

L'étude des cahiers de Pasteur que nous réalisons en formation n'est certes pas exhaustive car les extraits que nous proposons ne suffisent pas à montrer tous les aspects de la vie d'un laboratoire. Toutefois, les principales composantes du travail du scientifique apparaissent clairement grâce à :

- la description des phases successives de l'expérimentation,
- l'analyse critique de certains protocoles expérimentaux,
- les interprétations utilisant la première personne,
- les allusions aux désaccords entre membres du laboratoire,

- les témoignages d'échanges avec d'autres membres de la communauté scientifique,
- les ébauches de synthèses en vue de préparer communications ou publications scientifiques.

Les enseignants qui n'ont pas côtoyé la recherche scientifique peuvent ainsi se forger une représentation plus objective de l'activité scientifique dont l'enseignement masque le plus souvent les caractères hésitants. Ils prennent conscience également du rôle que joue l'écrit et son utilisation dans le travail au quotidien du chercheur qui suppose des successions de relecture, réécriture, importation d'exemples, croisement entre divers énoncés, …

La lecture des cahiers de Pasteur permet également d'entrevoir la présence de discussions avec des pairs au sein du laboratoire et avec la communauté scientifique. Certains travaux d'histoire de sciences mettent l'accent sur la place de la controverse et de l'argumentation dans la production des savoirs. Cette dimension de l'activité scientifique nous a paru suffisamment importante pour envisager son introduction dans l'enseignement des sciences. Le fonctionnement de la communauté scientifique se traduit ainsi dans la classe, après transposition, par l'élaboration d'une communauté discursive scientifique scolaire. Nous avons donc cherché à identifier les moyens permettant de construire une telle communauté dans la classe et nous avons suggéré aux enseignants de s'appuyer sur l'écrit pour y parvenir.

2. Les fonctions de l'écrit dans l'enseignement/ apprentissage

Notre étude a porté sur l'analyse des pratiques des enseignants du cycle 3 de l'école primaire.

2.1 Pratiques dominantes dans l'enseignement primaire

Dans le cadre de notre recherche, nous avons analysé des écrits que des maîtres ont fait produire à leurs élèves à l'occasion des activités scientifiques. Nous avons ainsi constaté que les pratiques d'écriture constituent des indicateurs pertinents pour l'analyse des pratiques d'enseignement en sciences.

Des observations réalisées dans des classes de l'école primaire ont permis de se rendre compte des principales tendances relatives aux usages de l'écrit en biologie au cycle 3. Le bilan de cette étude s'est traduit par un ensemble de constats, en particulier :

- les écrits sont peu nombreux et peu variés (tant du point de vue de leur nature que de leur statut),
- les écrits ne font pas l'objet d'une réécriture,
- l'écrit collectif est utilisé essentiellement dans sa fonction de mémoire,
- les pratiques sont ritualisées : les écrits balisent certains moments clés du module d'apprentissage (expression des représentations des élèves, relevé d'observations, synthèse).

La conception de l'enseignement scientifique que révèlent ces pratiques nous a paru éloignée des modèles de type socio-constructivistes sur lesquels nous nous appuyons dans le cadre de la formation des enseignants. Nous avons donc essayé de donner aux maîtres les moyens de diversifier les pratiques d'écriture afin de les aider à modifier leur propre conception de l'enseignement scientifique.

2.2 Des aides pour la rénovation des pratiques

Les séquences d'enseignement en sciences sont souvent difficiles à gérer car elles doivent répondre à de multiples exigences de différentes natures (techniques, pédagogiques et didactiques). Il en résulte que la logique des apprentissages est souvent malmenée voire négligée. Il paraît donc nécessaire de travailler l'articulation apprentissage / enseignement, préoccupation qui a guidé nos analyses.
Nous avons essayé de préciser les dimensions de la pratique scientifique à privilégier pour que l'activité langagière joue un rôle dans la construction des savoirs. Nous avons ainsi défini quelques points-clés en particulier :

- la participation des élèves à la construction de problèmes,
- la mise en place de controverses par la confrontation entre les points de vue des élèves,
- la multiplication des écrits et la reprise de ces écrits.

La comparaison de différentes pratiques nous a conduits à élaborer des outils d'analyse qui permettent de faire apparaître les fonctions attribuées aux activités langagières en référence au cadre établi ci-dessus. Le tableau de l'annexe 1 constitue un de ces outils qui nous a permis de susciter des pratiques innovantes chez les maîtres associés à notre recherche.
Ce tableau donne des exemples d'écrits que l'enseignant peut faire produire à ses élèves à différents moments-clés d'une progression pédagogique. Il précise également la fonction des écrits (et de leur production) dans les apprentissages scientifiques sans qu'ils constituent toutefois des passages obligés.
L'intérêt de ce tableau est de distinguer la logique de l'enseignement de celle des apprentissages. Il peut ainsi aider l'enseignant à éviter de trop privilégier la logique de l'enseignement tout en faisant appel aux différentes fonctions que l'écrit peut jouer dans l'apprentissage.
Nous l'avons utilisé dans le cadre de la formation des enseignants dans le but de les aider à s'appuyer sur les pratiques d'écriture en sciences expérimentales pour favoriser les apprentissages conceptuels en sciences.
D'autres outils, issus de notre recherche, ont été repris par des professeurs stagiaires pour guider les analyses conduites dans le cadre de leur mémoire professionnel.

3. Un exemple d'évolution des pratiques d'enseignement

Nous avons observé les pratiques d'un maître au cours de l'étude du mouvement en classe de CE2 afin de repérer les moments qui jouent un rôle décisif.

3.1 Un suivi régulier

Un des enseignants associé à notre recherche a accepté d'être observé pendant toute la durée d'une séquence d'enseignement, conduites dans deux classes, à un an d'intervalle .
L'analyse de la première séquence, réalisée en collaboration avec l'enseignant, a révélé des difficultés dans la gestion des confrontations collectives. Ces phases de confrontation s'appuient sur la comparaison des productions des élèves et privilégient les échanges oraux. Nous

avons constaté que, selon les consignes données et les types des questions posées par l'enseignant, les discussions peuvent prendre des formes différentes.
Les travaux conduits par différents auteurs (S. Joshua et J.J.Dupin, 1989 et 1993 ; M. Fabre et C. Orange, 1990) sur le débat scientifique en classe nous ont aidés à mieux comprendre les difficultés rencontrées et à formuler des propositions pour la conduite des séances de confrontation, en considérant tout particulièrement l'articulation entre oral et écrit. En effet nos collègues de français ont montré que ces deux activités langagières sont étroitement dépendantes l'une de l'autre (J. M. Durand, 1998).
Ce travail nous a permis de construire une nouvelle progression destinée à une autre classe de CE2 et conduite par le même maître l'année suivante. Nous avons ainsi pu suivre l'évolution des pratiques de cet enseignant.

3.2 Des difficultés à dépasser

Au cours des confrontations observées dans la première séquence, nous avons relevé plusieurs types de discussion :

- la discussion ne porte que sur la forme graphique ou textuelle de l'écrit, sans rapport directe avec la biologie ;
- la discussion porte sur les structures représentées ou décrites et on ne débat que de leur existence réelle ou non ;
- la discussion porte sur les fonctions des structures anatomiques dans le phénomène (ici le mouvement) que l'on cherche à expliquer.

Nous avons constaté que le maître a tendance à privilégier le registre descriptif, dans ses interventions, alors qu'il conviendrait d'inciter les élèves à établir des relations causales entre l'anatomie et le fonctionnement du bras.
Nous avons donc suggéré au maître de régler ses interventions de manière différente :

- en rappelant aux élèves que le but de la discussion est de comprendre le fonctionnement d'un système et pas seulement d'en connaître la structure,
- en incitant les élèves à argumenter, à justifier leurs propositions,

- en sélectionnant les objets de la controverse et en dégageant les thèses opposées.

Nous avons également envisagé une utilisation différente des écrits conduisant à une reprise quasi-systématique des écrits successifs :

- pour traduire les résultats de la discussion,
- pour obliger les élèves à reformuler leurs énoncés,
- pour faire le lien entre les différentes étapes de la progression.

3.3 Evolution constatée

L'analyse de la deuxième séquence conduite par le maître a fait apparaître plusieurs types de changements :

- abandon de certaines routines (terme emprunté à M. Durand, 1996) portant aussi bien sur les phases d'écriture que sur les phases orales,
- organisation sociale du travail des élèves moins figée et plus adaptée à la logique d'apprentissage,
- débats plus nombreux centrés sur la résolution d'un problème et faisant appel à l'argumentation.

L'évolution des pratiques se traduit en particulier dans l'organisation de la production et de l'utilisation des écrits (E. Plé, 2000). Notons par exemple que, à l'occasion d'une confrontation des idées, le maître propose de consigner les éléments du débat en réservant une place spécifique aux arguments avancés par les élèves. Il incite ainsi les élèves à justifier leurs propositions et à prendre en compte les points de vue des autres.

Les modifications opérées ont été rendues possibles par une collaboration étroite entre le maître et l'équipe de recherche qui a suivi en permanence l'ensemble des deux progressions. La participation du maître aux séances de travail de l'équipe de recherche a joué un rôle déterminant pour définir les modes d'intervention susceptibles d'engager les élèves dans la construction d'explications.

En mettant en relation production d'écrits et conduite d'une séquence d'enseignement scientifique, nous avons mis à la disposition du maître des analyses qui ont guidé son travail de préparation des séances successives. Une telle situation, assez exceptionnelle, est difficilement reproductible mais donne quelques indications sur les conditions à

réaliser pour favoriser l'évolution des pratiques d'enseignement. En effet, cette expérience nous a permis de comprendre la nécessité d'un accompagnement pour la mise en place d'une pratique innovante. Cet élément est à prendre en compte dans la formation des enseignants : la rénovation de l'enseignement scientifique nécessite d'autres moyens que des actions de formation sans suivi véritable.

Conclusion

L'enseignement scientifique, qu'il vise l'appropriation de savoirs ou de raisonnements, s'appuie sur des compétences langagières qu'il contribue par ailleurs à développer. Notre travail, centré sur les fonctions du langage dans les apprentissages scientifiques, a débouché sur une réflexion concernant la mise en place de pratiques innovantes.
Cependant, si les enseignants associés à cette recherche ont su s'appuyer sur nos propositions pour régler leurs interventions pédagogiques, la complexité des situations réalisées dans leur classe laisse présager quelques difficultés dans le développement de telles pratiques. La formation des maîtres devrait permettre de dépasser ces difficultés. Dans cette perspective, nous avons construit des outils susceptibles d'éclairer les prises de décision des maîtres.
De plus, l'évolution des pratiques nécessite des changements de points de vue sur l'enseignement et sur l'apprentissage. En effet, l'appropriation du modèle que nous préconisons suppose que l'enseignant accepte de moins se focaliser sur les énoncés terminaux pour s'intéresser davantage aux processus d'élaboration d'énoncés. De tels changements nous paraissent indispensables pour mettre en cohérence l'enseignement avec les exigences de la conceptualisation.

REFERENCES

ASTOLFI J.P., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y., TOUSSAINT J. (1997), *Pratiques de formation en didactique des sciences*, De Boeck Université, coll. Pratiques pédagogiques, Paris-Bruxelles

BALIBAR F. ET PREVOST M.-L. (1995), *Pasteur Cahiers d'un savant*, Paris, CNRS Editions Collection Manuscrits

DURAND J.-M. 1998), La construction de la formulation dans une tâche à visée explicative, *Repères* n°17, Paris, INRP
DURAND M.(1996), *L'enseignement en milieu scolaire*, Paris, PUF
PLE ELISABETH (mai 2000), Des patterns dans les pratiques, *Pratiques d'écriture dans l'enseignement des sciences Document n°3*, Document interne INRP
FABRE M., ORANGE C.(1990), Construction des problèmes et franchissements d'obstacles, *Aster* 24, INRP
JOSHUA S., DUPIN J.-J. (1989), *Représentations et modélisations : le "débat scientifique" dans la classe et l'apprentissage de la physique*, Berne, Peter Lang
JOSHUA S., DUPIN J.-J. (1993), *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, Paris, PUF
LATOUR B., WOLGAR S. (1988), *La vie de laboratoire*, Paris, Editions La Découverte.
REBIERE M. , SCHNEEBERGER P., (à paraître), Pratiques d'écriture en sciences expérimentales. Quelle formation pour les maîtres ? ou L'interdisciplinarite dans la formation des maîtres, Actes du Colloque international Recherches et formation des enseignants, IUFM d'Aix-Marseille
SCHNEEBERGER P., ROBISSON P. ET GOUANELLE C. (1999), Pratiques d'écriture et apprentissage à l'école primaire : quel enseignement mettre en place ?, *Jonctions* n°3, revue de l'IUFM d'aquitaine
SCHNEEBERGER P.(coord.) (2000), *Pratiques d'écriture dans l'enseignement des sciences,* Rapport de recherche associative INRP-IUFM d'Aquitaine, document interne INRP.
SUTTON C. (1996), Beliefs about science and beliefs about language, *International Journal of Science Education* vol.18, n°1
VERIN A., ET PETERFALVI B.(1994), Fonctions de l'écriture dans le travail d'obstacles en classe de sciences, Actes des XVIe Journées Internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industrielles, A. Giordan, J.-L.Martinand et D. Raichvarg Editeurs, Chamonix.
Revue *Aster* n°6 (1988) , Les élèves et l'écriture en sciences, Paris, INRP
Revue *Repères* n°12 (1992), Apprentissages langagiers, apprentissages scientifiques, Paris, INRP

ANNEXE 1

Etapes de la progression	**Caractéristiques des écrits**	**Utilisation pour l'enseignement**	**Fonction pour l'élève (apprentissage)**
Travail sur les conceptions initiales : phase individuelle puis	Dessins Textes informatifs et explicatifs Q.C.M. Affirmation Vrai/Faux	- diagnostic des connaissances et identification des erreurs des élèves - préparer la confrontation : organiser les groupes - baliser le champ de recherche - garder une trace	- clarifier ses idées, structurer sa pensée - construire et expliciter ses idées pour les communiquer aux autres - se centrer sur une question scientifique - élaborer une trace
travail de groupe et confrontation	Idem + classement éventuel	- favoriser les échanges : faire apparaître des accords, des désaccords - matérialiser le résultat du débat - préparer la mise en commun : régler les problèmes d'organisation (nombre de présentations) - construction d'une communauté discursive	- apprendre à douter - classer ses idées, catégoriser, reformuler (éventuellement) - construire et expliciter ses idées pour les communiquer au groupe classe
Recueil de données : Observer un phénomène (observation non guidée)	Schéma, notes Constats Ebauche d'une frise Empreintes	- rassembler des informations sous forme discursive - transformer la réalité matérielle en inscriptions diverses (schémas, notes, …), - garder une trace (pour l'interprétation future)	- sélectionner des informations pertinentes (par rapport aux questions qu'on se pose) - transcrire (faire un choix du type d'inscription) - garder une trace
Recueil des résultats de la recherche expérimentale ou de l'observation guidée	Tableaux Schémas Lites ordonnées ou classées Graphes Frise	- garder une trace pour préparer l'interprétation	- sélectionner - organiser - catégoriser (éventuellement argumenter)
S'interroger : Poser des questions	Phrases interrogatives	- baliser le champ de recherche	- apprendre à poser des questions - se centrer sur le champ de la recherche
Classer des questions	Tableau Liste classée, ou ordonnée, de questions	- orienter les activités	- structurer sa pensée - reformuler ses idées - catégoriser

Faire des hypothèses	Formulation du doute : peut-être, conditionnel, ce que je pense, … Nature du support (couleur)	- susciter une démarche de recherche - susciter le doute et la formulation du doute	- apprendre à douter - formuler une hypothèse pertinente par rapport à la question et au champ de recherche, argumenter - manifester linguistiquement le doute dans le discours - développer son imagination
Construire un protocole	Texte prescriptif Schémas des montages Texte prédictif	- mettre en place une recherche - préparer les mises en commune et confrontations	- raisonnement déductif (si …alors) - rigueur du raisonnement (séparation des variables) - prendre en compte des contraintes du réel
Mise en œuvre de l'expérience	Schémas de montage Notes Dessins	- garder une trace	- transcrire des éléments pertinents du réel
Interprétation des résultats	Textes argumentatifs/justificatifs	- aller vers une stabilisation d'un énoncé du savoir	- raisonnement hypothético-déductif - remise en question éventuelle de la procédure de recherche
Rechercher des informations dans des documents	Prise de notes Listes Schémas	- lecture documentaire - importer des inscriptions extérieures à la classe pour compléter ou confronter	- étayer le discours de preuve - sélectionner des informations - reformuler
Préparer une visite, une enquête	Questionnaire	- rassembler et importer des informations extérieures à la classe - susciter l'envie de s'informer	- formuler des questions - catégoriser
Tirer une conclusion	Texte expositif (informatif ou explicatif)	- stabiliser un énoncé provisoire, scientifiquement acceptable	- formuler un énoncé provisoirement stable, acceptable par la communauté classe • mettre en relation hypothèse/résultats et autres informations •
Faire une synthèse	Enoncé général Texte expositif Schéma explicatif	- généralisation en vue de formuler des notions	- mettre en relation l'ensemble des informations recueillies avec le problème de départ - stabiliser un énoncé

Faire le point Sur la démarche Sur les savoirs	Chronique	- recontextualiser (baliser le champ de recherche) - favoriser les projets d'action	- reconstruire la communauté discursive en biologie - établir des projets d'action
	Liste de mots clés Sommaire Lexique	- évaluer - plannification	- structuration, mise en ordre - recenser les savoirs
Elaborer un modèle	Schéma explicatif Texte explicatif	- aider à la conceptualisation	- décontextualiser/recontextualiser
Utiliser un modèle	Notes Tableau de comparaison	- aider à la conceptualisation	- transférer/ transposer

LA MAITRISE DE CERTAINS CONCEPTS EN GENETIQUE ET LE RAPPORT AU SAVOIR DES APPRENANTS TUNISIENS DE DIFFERENTS NIVEAUX SCOLAIRES

Saloua KHATTECH NAILI
Institut Supérieur de l'Education
et de la Formation Continue, Tunis
44 Rue Hamadi Fareh Ennasr II
2037 Ariana TUNISIE
Tel. : 216(1)813 030
e-mail : salouakhattechnaili@excite.com

Salem ABBES
Institut Supérieur de l'Education et de la Formation Continue, Tunis

Christian ORANGE
IUFM Pays de la Loire, Nantes

Introduction

La génétique humaine marquée ces dernières années par un grand essor scientifique a bouleversé les pratiques pédagogiques et les positions éthiques des apprenants. Elle pose encore un certain nombre de problèmes de compréhension et de maîtrise de certains concepts dans les milieux scolaires et universitaires.
Le but de notre travail est de recenser les conceptions et le rapport au savoir des apprenants tunisiens sur certains concepts en génétique humaine.

Nous nous proposons de voir s'il y a des difficultés dans la compréhension de certains concepts en génétique, à savoir :

- La différence entre un phénotype et un génotype.
- La distinction entre un caractère dominant et un caractère récessif.
- La localisation du matériel génétique dans la cellule sexuelle.
- Le rapport à l'objet de savoir génétique qu'entretient l'apprenant a-t-il une influence sur son niveau scientifique ?

Nous essayerons à travers l'analyse des réponses des apprenants de différents niveaux scolaires, de répondre à la question suivante : est-ce que le niveau scientifique des apprenants s'améliore avec le niveau scolaire concernant la compréhension des concepts choisis ?

1. Cadre de référence

Cette recherche s'inscrit dans deux cadres de références : l'analyse conceptuelle et le rapport au savoir.
Les conceptions sont un outil d'acquisition d'apprentissage et d'une prise de conscience des conceptions de l'apprenant par lui-même. Dans notre travail, nous nous sommes intéressés aux réponses des apprenants aux différentes questions de l'exercice proposé, afin de faire émerger leurs conceptions et voir leur capacité de mobiliser des connaissances scientifiques en dehors du cadre scolaire.

Le rapport au savoir, constitue une nouvelle approche permettant d'analyser de nombreux phénomènes didactiques et pédagogiques comme l'échec scolaire, la motivation des sujets apprenants et les différentes attitudes que le sujet éprouve à l'égard du savoir scientifique, comme par exemple le degré d'implication ou de rejet que manifeste l'apprenant pour l'apprentissage d'une discipline.

2. Méthodologie

Notre recherche a porté sur un échantillon de 225 apprenants appartenant à des institutions scolaires de Tunis ville. La population étudiée se répartit en 4 groupes de la manière suivante :

- 82 collégiens de la 9° année de l'école de base (14 à 15 ans) d'un même collège ayant le même professeur en sciences naturelles et appartenant à deux classes différentes. Ils étudient le thème de la

génétique pour la première fois au cours de leur scolarité. La période séparant l'enseignement et la passation du questionnaire est de 15 jours.

- 23 lycéens de la 4° année secondaire (baccalauréat) d'un même lycée et d'une même classe. Ils ont étudié le thème de la génétique à deux occasions en 9° année du collège et en troisième année secondaire au lycée. Le questionnaire a été distribué deux mois après l'enseignement du chapitre de la génétique.
- 104 étudiants d'un même amphithéâtre de la 2° année du premier cycle universitaire section sciences de la vie et de la terre (21 à 23 ans). Ils ont eu le même cursus scolaire que les deux échantillons précédents. En plus ils ont suivi un cours annuel de génétique pendant la première année universitaire. Ils ont répondu à nos différentes questions une année après l'étude des concepts visés par le questionnaire.
- 16 étudiants d'une même promotion de la 1ère année du 3°s cycle universitaire section génétique. (24 à 27 ans). La collecte des réponses au questionnaire a été effectuée trois mois après le cours.

Les concepts faisant l'objet des questions posées aux différents apprenants ont été étudiés.
Nous avons choisi comme méthode de recensement des conceptions et du rapport au savoir six questions, trois questions de type ouvert, deux questions au choix multiples et une question sous forme d'exercice de génétique.

Dans cette contribution nous nous limiterons à analyser les réponses des apprenants aux trois questions suivantes :

Q1. Que pensez-vous de la génétique ?

Q2. Cochez par une croix la (les) proposition(s) qui vous satisfait (satisfont) le plus.

Vous trouvez l'étude de la génétique humaine :

Intéressante parce qu'elle vous permet de comprendre certains phénomènes que vous n'arrivez pas à expliquer avant l'étude de ce thème

☐ Très importante car une étude approfondie de ce thème vous permet d'avoir une bonne note à l'examen.

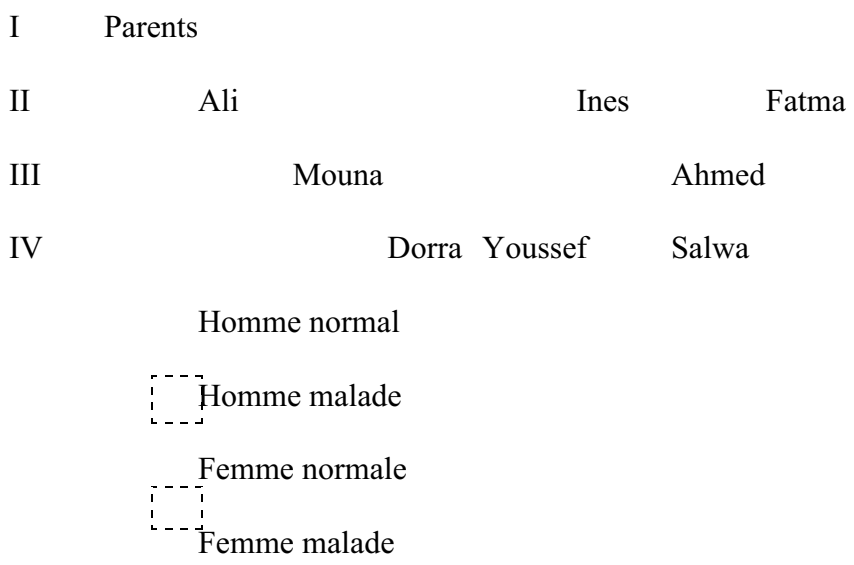
☐ Vous ressentez une indifférence vis-à-vis de l'étude de ce thème.

☐ Difficile car vous avez des ambiguïtés concernant certains phénomènes.

☐ Ce thème vous paraît incomplet et insuffisant car il n'arrive pas à répondre à vos attentes scientifiques.

Pouvez-vous expliquer en quelques lignes votre choix.

Q3. Après l'étude d'un arbre généalogique d'une famille à travers quelques générations, on remarque la naissance de deux garçons malades provenant de parents sains, alors que les filles sont toujours saines.



- En utilisant vos connaissances expliquer comment Ali est atteint par cette maladie ?
- Schématisez ce qui se passe réellement au niveau des cellules.
- Quelle est la différence entre le génotype du père et le génotype de Ali ?

3. Résultats et interprétation

3.1 Analyse des questions 1 et 2

L'analyse des réponses aux questions 1 et 2 a permis d'élaborer l'échelle d'attitudes inspirée de celle de Caillot M. 1998 et modifiée par Chabchoub A. 1999 qui comporte cinq rapports au savoir :
Le rapport instrumental : Nous parlerons d'un rapport instrumental, lorsque l'élève réduit son rapport à la génétique aux objectifs de réussite scolaire. Cette attitude instrumentale est décelée à travers quelques réponses du genre : *" la génétique me permet d'avoir de bonnes notes à l'examen'' ; " la génétique ne me sert qu'avoir des points en plus ''* .

Le rapport d'implication : Nous évoquerons l'existence d'un rapport d'implication, lorsque nous remarquons dans les réponses des

apprenants une adhésion au savoir, une certaine satisfaction à l'étude du thème de la génétique, et aussi une certaine "soif'' de connaissances scientifiques, l'élève trouve que les contenus scolaires traitant de la génétique sont parfois insuffisants et incomplets car ils n'arrivent pas à répondre à ses attentes scientifiques.

Nous avons pris comme indicateurs de cette attitude la présence des termes suivants dans les réponses : *" La génétique est très intéressante, elle nous explique l'origine de l'hérédité '' ; " je suis convaincu de la transmission des caractères héréditaires, j'arrive maintenant à comprendre pourquoi mon frère est le seul à avoir des yeux bleus ''.*

Le rapport nuancé : Nous parlerons de rapport nuancé lorsque nous remarquons que l'élève exprime une attitude d'adhésion, tout en développant des arguments contre ce savoir.
Les réponses des apprenants à la question ouverte qui ont témoigné de ce rapport sont les suivants *: "la génétique explique certains phénomènes que d'autres sciences n'arrivent pas à expliquer, mais elle laisse beaucoup de questions sans réponses.'' ; " beaucoup de maladies ont trouvé leurs remèdes grâce au développement des recherches dans le domaine de la génétique, pourtant il était possible de faire mieux''.*

Le rapport indéfini : Nous avons trouvé certaines difficultés à identifier le rapport qu'entretiennent certains apprenants avec l'objet de savoir génétique. Leurs propos sont parfois ambigus et incompréhensibles, ils répètent des définitions apprises dans le cours ou/et avancent des réponses n'ayant aucun sens. Ils ont été classés dans la catégorie " rapport indéfini ".

Le rapport de rejet : Une telle attitude signifie un certain refus et/ou une indifférence exprimé(es) par les sujets vis-à-vis du thème de la génétique enseigné à l'école.
Cette attitude était identifiée dans la question ouverte à travers les réponses des apprenants, en voici quelques exemples de productions : *" depuis l'affaire du clonage j'exclue de ma tête la génétique, c'est la sciences des `bêtes`'' ; " elle ne cause que des problèmes''.*

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau N°1
Le rapport à l'objet de savoir génétique des différents niveaux scolaires étudiés, en fréquence absolue

Attitudes	Instrumental	Implication	Nuancée	Indéfinie	Rejet	Total
Collégiens	23	15	16	23	5	82
Lycéens	10	6	4	3	0	23
1er cycle universitaire	37	26	14	21	6	104
3° cycle universitaire	4	9	2	1	0	16

Les lycéens présentent pour l'attitude instrumentale le pourcentage le plus élevé soit 43,48% ceci peut s'expliquer peut être par l'épreuve de baccalauréat qu'ils vont passer en fin d'année, ils investissent plus en génétique pour avoir le maximum de points, certains le disent d'ailleurs : " *la génétique est une matière de notes, si jamais on a un exercice type à l'examen.*''

Le pourcentage le moins élevé se révèle au niveau des étudiants inscrits en DEA de génétique, ils sont 4/16 à entretenir un rapport instrumental avec la génétique, soit 25%.

En ce qui concerne l'attitude **d'implication** à l'objet de savoir génétique le taux le plus élevé s'inscrit chez les étudiants du troisième cycle universitaire, il est de 56,25%. Ceci peut s'expliquer par le choix individuel de cette spécialité (génétique). Ce rapport à l'objet de savoir est du même ordre de grandeur chez les étudiants du premier cycle universitaire et les lycéens mais il inflige une diminution dans le cas des collégiens (18,30%) qui étudient pour la première fois la génétique.

Le rapport **nuancé**, représente l'attitude la plus scientifique, l'apprenant s'approprie le savoir mais il croit que ce qu'il est entrain d'acquérir comme savoir peut être réfutable un jour, et que l'homme ne peut en aucun cas détenir toute la vérité, tout le Savoir. A notre surprise ce rapport à tendance à diminuer au fur et à mesure que les apprenants avancent dans leur cursus scolaire. On note qu'il est de

19,50% pour les collégiens et atteint la valeur de 12,50% pour les étudiants du troisième cycle universitaire.

3.2 Analyse de la question 3

Au terme de la lecture des différentes réponses des apprenants, et en donnant plus d'importance aux arguments utilisés, qu'a l'existence d'une réponse positive ou négative,(Rumelhard. G,1986) nous avons constaté que celles-ci peuvent se répartir en trois catégories, conduisant à l'établissement de trois niveaux différents :

Le niveau I, représente la catégorie des apprenants répondant aux différentes questions de l'exercice d'une façon convenable. L'apprenant fait la différence entre un génotype et un phénotype. Il distingue entre un caractère récessif et un caractère dominant et schématise d'une façon acceptable les chromosomes dans le noyau de la cellule sexuelle.

Le niveau II, correspond à des apprenants moyens dont les réponses restent plus ou moins insuffisantes. Ils répondent quand même à deux sur les trois questions posées à la question N° 3.

Le niveau III, représente les apprenants dont les réponses sont confuses, incohérentes. Cette catégorie d'apprenant ne distingue pas entre caractère dominant et récessif, ne différencie pas entre un génotype et un phénotype et placent dans la plupart du temps les chromosomes dans le cytoplasme de la cellule.

Le tableau suivant résume le résultats obtenus.

Tableau N° 2
Répartition des apprenants selon les trois niveaux retenus

Niveau Scolaire	Collégiens		Lycéens		1er cycle universitaire		3° cycle universitaire		Total	
Niveau Scientific.	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Niveau I	0	0%	6	26,10%	23	22,12%	8	50%	37	16,44%
Niveau II	27	32,93%	7	30,43%	27	25,96%	4	25%	65	28,89%
Niveau III	55	67,07%	10	43,47%	54	51,9%	4	25%	123	54,67%
Total effectif	82		23		104		16		225	

en effectifs et en pourcentage

D'une manière générale on constate que le niveau III, le plus bas l'emporte sur les deux autres avec un taux de 54,67 %. En effet au niveau du premier cycle universitaire 51,9% des apprenants interrogés confondent encore entre génotype et phénotype ou bien ne savent pas encore l'emplacement des chromosomes au sein de la cellule.

A notre surprise, 25% des étudiants du troisième cycle de génétique se trouvent dans le niveau III. Leur savoir en génétique pourrait être une accumulation des résultats et non une intégration de notions scientifiques car comme le précise (Giordan et De Vecchi,1987) " Savoir c'est d'abord être capable d'utiliser ce qu'on a appris, de le mobiliser pour résoudre un problème ou clarifier une situation ". Ce qui n'est pas le cas pour certains apprenants, en effet des recherches dans différents pays d'Europe ont montré qu'une plus grande partie du savoir scientifique, enseigné pendant la scolarité est oubliée au bout de quelques semaines, que dire des connaissances datant de plusieurs années ? (Giordan. A, De Vecchi. G, 1987).

En fait les conceptions collectées ne représentent pas totalement tout l'univers conceptuel de l'apprenant, comme le précise Clément. P " Ce qu'exprime une personne, par exemple un élève ou un adulte avant ou pendant un apprentissage ne traduit pas directement l'ensemble de ses conceptions, mais seulement ses conceptions conjoncturelles : celles mobilisées dans la situation précise ". (Giordan. A, Girault. Y, Clément. P, 1994).

La génétique est encore pour certains apprenants, une discipline relativement difficile dont des concepts supposés de base ne sont pas maîtrisés par la majorité des apprenants.

Nous avons croisé les résultats précédents (les conceptions et le rapport au savoir en fonction du niveau scolaire) afin de détecter une relation entre le rapport au savoir et les niveaux scientifiques des apprenants.

Comme le préconise Charlot. B (1992), le rapport au savoir est une disposition de l'individu à l'égard du savoir et de l'école, en tant que lieu de diffusion du savoir ; et par conséquent, à l'égard de l'apprendre. Cette disposition à l'égard du savoir engage l'individu dans sa dimension individuelle et sociale.

L'analyse des résultats nous a permis de constituer une grille des différents rapports qu'entretiennent les apprenants avec la génétique humaine. Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau N° 3
Rapport au savoir et maîtrise de certains concepts en génétique des apprenants des niveaux scolaires étudiés.

Rap./savoir	Instrumental	Implication	Nuancé	R. indéfini	Rejet
Niveau scien. .					
Niveau I	37,8%	51,4%	10,8%	0%	0%
Niveau II	21,5%	30,8%	20%	24,6%	3,1%
Niveau III	37,4%	13,8%	15,5%	26%	7,3%

Nous pouvons constater que :

- La majorité des apprenants appartenant au niveau I et II, entretiennent un rapport d'implication à l'objet de savoir génétique. Le taux de ceux entretenant un rapport instrumental est non négligeable.
- La plupart des apprenants appartenant au niveau III, entretiennent un rapport instrumental et un rapport indéfini avec la génétique.
- Le rapport d'implication observe une légère diminution en passant du niveau I au niveau III.

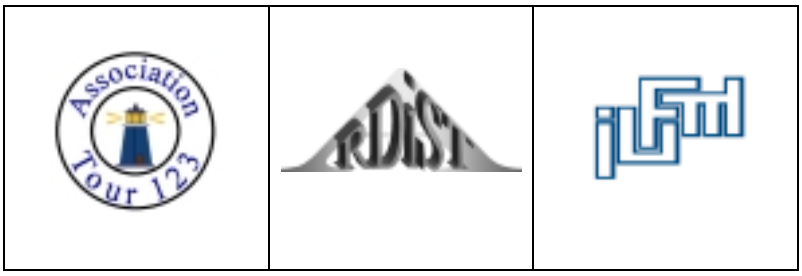
Les différents rapports au savoir des apprenants peuvent dépendre de plusieurs facteurs. Ces derniers peuvent être d'origine sociale ou/et identitaire. Bernard Charlot développe l'idée du rapport social comme l'ensemble des images, d'attentes des jugements, qui portent à la fois sur le sens et la fonction sociale du savoir et de l'école, sur la discipline enseignée, sur la situation d'apprentissage et sur soi-même. Le sens et la valeur qu'accorde un individu au savoir dépendent de son identité. (Charlot. B, 1982).
Par ailleurs, des tests statistiques (test de khi-deux) réalisés pour les collégiens et les étudiants du premier cycle universitaire ont montré que :

- Le rapport au savoir qu'entretiennent les collégiens est indépendant de leur niveau scientifique.
- Le rapport à l'objet de savoir génétique des étudiants pourrait agir sur leur niveau scolaire, sans en dépendre totalement.

REFERENCES

CAILLOT, M., (1998). Actes du 4ème Colloque national de didactiques des sciences "*Obstacles de l'histoire des sciences ou obstacles de l'histoire des élèves ?*'' Tunis (1998).
CHABCHOUB, A., (1999). "*Le rapport au savoir chez les élèves tunisiens du secondaire*''. Rapport du groupe de recherche sur le rapport au savoir scientifique. ISEFC/ParisV. Tunis(1999).
CHARLOT, B., (1982). " *Je serai ouvrier comme papa, alors à quoi ça me sert d'apprendre ?*'', Echec scolaire, démarche pédagogique et

rapport social au savoir. GFEN, Quelles pratiques pour une autre école ? Paris : Gasterman, p135-136. Cité par la référence : CHARLOT, B., et al. (1999).
CHARLOT, B., (1992). "*Le rapport au savoir et rapport à l'école dans les zones d'éducation prioritaire''*. Université Paris 8. p 17.
GIORDAN, A., GIRAULT, Y., CLÉMENT, P., (1994). "*Conceptions et connaissances*''. Berne : Peter Lang.
GIORDAN, A., & DE VECCHI, G., (1987). "*Les origines du savoir*''. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
GIORDAN, A., & MARTINAND, J.L., (1988). Etat de recherches sur les conceptions des apprenants à propos de la biologie. Annales de didactiques des sciences.
RUMELHARD, G., (1986). *"La génétique et ses représentations dans l'enseignement"*. Berne : Peter Lang.



PARTICIPANTS AUX COLLOQUE

Mme ALBE Virginie, ENFA, CASTANET TOLOSAN,
virginie.albe@educagri.fr
M. ALBRAND Didier, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
d.albrand@aix-mrs.iufm.fr
Mle ALPHAND Véronique, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
v.alphand@aix-mrs.iufm.fr
Mme ANDREUCCI Colette, IUFM-UNIMECA, MARSEILLE
andreucci@unimeca.univ-mrs.fr
Mme ANTHORE Nicole, IUFM de ROUEN, MONT-SAINT-AIGNAN
nicole.anthore@ciria.fr
Mme ARAVECCHIA Liliane, IUFM-UNIMECA, MARSEILLE
l.aravecchia@aix-mrs.iufm.fr
Mme AROUA Saïda, ISEFC-UNIVERSITE TUNIS I, BIZERTE TUNISIE
aroua.s@excite.com
Mme BALPE Claudette, IUFM d'AQUITAINE, BORDEAUX
cbalpe@away.fr
Mme BAZILE Joëlle, ENESAD, DIJON
joelle.bazile@educagri.fr
M. BEL Jean-Paul, IUFM de MONTPELLIER, MONTPELLIER
jeanpaul.bel@iufm.univ-montp2.fr
Mme BENGUIGUI Denise, Association des Professeurs Sciences Physiques, MARSEILLE
Mme BENJELLOUN Nadia, FACULTE des SCIENCES DHAR MEHRAZ, FES – MAROC
benjelloun.nadia@caramail.com
Mme BEORCHIA Françoise, IUFM de CAEN, COURSON
walter.beorchia@wanadoo.fr
Mme BERTHOU Guillemette, IUFM de MONTPELLIER
guillemette.berthou@iufm.univ-montp2.fr
M. BESSON Ugo, LDSP UNIVERSITE DENIS DIDEROT PARIS 7
ugobesson@aol.com
M. BISAULT Joël, IUFM d'AMIENS, BEAUVAIS
joel.bisault@amiens.iufm.fr
M. BLONDEL François-Marie, INRP-TECNE, MONTROUGE
Francois-Marie.Blondel@inrp.fr

M. BOILEVIN Jean-Marie, IUFM de POITOU-CHARENTES, POITIERS
jean-marie.boilevin@wanadoo.fr
M. BOUAB Otmane, FACULTE SCIENCES SEMLALIA-GDSM, MARRAKECH MAROC
bouab@ucam.ac.ma
Mme BRANDT-POMARES Pascale, IUFM-UNIMECA, MARSEILLE
brandt@unimeca.univ-mrs.fr
M. BRES Eric, IUFM-UNIMECA, MARSEILLE
bres@unimeca.univ-mrs.fr
Mme BRUGUIERE Catherine, UNIVERSITE d'AVIGNON
JBruguiere@aol.com
M. BUTY Christian, UNIVERSITE LYON 2 - UMR GRIC-COAST, BRON
Christian.Buty@univ-lyon2.fr
M. CAILLOT Michel, UNIVERSITE RENE DESCARTES PARIS V
caillot@paris5.sorbonne.fr
M. CALMETTES Bernard, IUFM de TOULOUSE
bernard.calmettes@toulouse.iufm.fr
Mme CAUBLOT-LACROIX Isabelle, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
i.caublot@aix-mrs.iufm.fr
M. CHABCHOUB Ahmed, UNIVERSITE TUNIS I - ISEFC, LE BARDO-TUNIS
ahmed.chabchoub@isefc.rnu.tn
M. CHARTRAIN Jean-Louis, UNIVERSITE PARIS 5
jl.chartrain@libertysurf.fr
Mme CHATONEY Marjolaine, IUFM-UNIMECA, MARSEILLE
chatoney@unimeca.univ-mrs.fr
M. CHIROL Bernard, d'AIX-MARSEILLE, AIX-EN-PROVENCE
b.chirol@aix-mrs.iufm.fr
M. CLEMENT Pierre, UNIVERSITE LYON 1-LISDHIST, VILLEURBANNE
pclement@univ-lyon1.fr
Mme CLEMENTE Michèle, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
m.clemente@aix-mrs.iufm.fr
Mme COHEN Cora, MUSEUM NATIONAL d'HISTOIRE NATURELLE, PARIS
cora.cohen@libertysurf.fr
Mle CONIO Martine, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
conio.martine@wanadoo.fr
Mme COQUIDE Maryline, ENS de CACHAN-LIREST, CACHAN
maryline.Coquide@univ-rouen.fr
M. CORSINI Michel, IUFM de NICE
michel.corsini@unice.fr
Mme CREPIN Patricia, IUFM de FRANCHE-COMTE, BESANCON
patricia.crepin@fcomte.iufm.fr
M. DARLEY Bernard, IUFM de GRENOBLE
bernard.darley@grenoble.iufm.fr
Mme DAVOUX Dominique, UNIVERSITE PARIS VI - PIERRE et MARIE CURIE
Mme DUMAS-CARRE Andrée, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
a.dumascarre@aix-mrs.iufm.fr
M. DUMON Alain ,IUFM d'AQUITAINE, MERIGNAC
alain.dumon@aquitaine.iufm.fr
M. DUPIN Jean-Jacques, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
jj.dupin@aix-mrs.iufm.fr
Mme DUPREZ Chantal, UNIVERSITE LILLE - UFR PHYSIQUE, VILLENEUVE D'ASQ
chantal.duprez@univ-lille1.fr
M. DUSSEAU Jean-Michel, IUFM de MONTPELLIER

dusseau@iufm.univ-montp2.fr
M. FILLON Pierre, INRP, PARIS
pierre.fillon@wanadoo.fr
M. FLANDE Yves, IUFM du LIMOUSIN SITE DE TULLE/LDSP
yves.flande@limousin.iufm.fr
Mme GARONNE Pascale, LGT PAUL CEZANNE, AIX-EN-PROVENCE
M. GATTO Franck, UNIVERSITE de PROVENCE Dpt Sc. de l'Education, LAMBESC
f.gatto@romarin.univ-aix.fr
Mme GERONIMI Adeline, IUFM de MONTPELLIER
adeline.geronimi@iufm.univ-montp2.fr
M. GINESTIE Jacques, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
j.ginestie@aix-mrs.iufm.fr
M. GIRAULT Yves, MUSEUM NAT. HISTOIRE NATURELLE, BRIE COMTE ROBERT
girault@mnhn.fr
Mme GOFFARD Monique, INRP - LIREST ENS de CACHAN, CACHAN
Monique.Goffard@inrp.fr
M. GOFFARD Serge, INRP - LIREST ENS de CACHAN, CACHAN
sgoffard@ac-creteil.fr
Mme GOUANELLE Colette, IUFM de BORDEAUX, MERIGNAC
gouanelle@aquitaine.iufm.fr
Mme GUERIN-MATHERON Valérie, IUFM-UNIMECA, MARSEILLE
valerie.guerin.matheron@freesbee.fr
M. GUILLAUD Jean-Claude, IUFM de GRENOBLE
jclaude.guillaud@grenoble.iufm.fr
M. JOHSUA Samuel, UNIVERSITE de PROVENCE, LAMBESC
johsua@univ-aix.fr
Mme KAMINSKI Wanda, IUFM de REIMS, REIMS
wanda.kaminski@reims.iufm.fr
M. KHATTECH Ismail, FACULTE des SCIENCES de TUNIS, TUNIS
ismailkhattech@fst.rnu.tn
Mme KHATTECH NAILI Saloua, ISEFC, LE BARDO TUNIS
salouakhattechnaili@excite.com
M. KRONENBERGER Jean-Pierre, IUFM de TOULOUSE
jeankronenberger@voila.fr
M. KUCUKOZER Asuman, UNIVERSITE de LYON 2- UMR GRIC-COAST, BRON
Hatice.Akcaoglu@etienne.univ-lyon2.fr
M. LANGE Jean-Marc, IUFM de ROUEN, MONT SAINT AIGNAN
jean-marc.lange@wanadoo.fr
Mme LAPERRIERE-TACUSSEL Michèle, IUFM de GRENOBLE,
michele.laperrieretacussel@grenoble.iufm.fr
M. LAUGIER André, IUFM d'AQUITAINE, MERIGNAC
laugier.andree@wanadoo.fr
Mme LAURENT Sabine, IUFM d'AIX-MARSEILLE, AIX-EN-PROVENCE
s.laurent@aix-mrs.iufm.fr
M. LEBEAUME Joël, LIREST ENS CACHAN, CACHAN
lebeaume@lirest.ens-cachan.fr
Mme LECOQ Catherine, IUFM de ROUEN, MONT SAINT AIGNAN
catherine.lecoq@coria.fr
Mme LEDRAPIER Catherine, IUFM FRANCE COMTE, RIGNEY
jacques.ledrapier@libertysurf.fr
M. LEGA Jacques, UNIVERSITE CATHOLIQUE de LOUVAIN, (Belgique)
Lega@fyam.ulc.ac.be

M. LOUNIS Ali, ENS, ALGER
lounis58@yahoo.fr
Mme MAIRONE Corinne, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
c.mairone@voila.fr
M. MALAFOSSE Didier, IUFM de PERPIGNAN
didier@univ-perp.fr
M. MANNEUX Guy, INRP - DEP 3 - TECHNOLOGIE, PARIS
pierre.fillon@wanadoo.fr
Mme MARZIN Patricia, IUFM de GRENOBLE
patricia.marzin@grenoble.iufm.fr
Mme MAURINES Laurence, LDSP UNIVERSITE D. DIDEROT PARIS 7
laurence.maurines@creteil.iufm.fr
Mme MEHEUT Martine, LDSP / UNIVERSITE PARIS 7
meheut@ccr.jussieu.fr
Mme MERLE Hélène, IUFM de MONTPELLIER
merle@iufm.univ-montp2.fr
Mme MERLE Valérie, IUFM de MONTPELLIER
vmunier@moka.ccr.jussieu.fr
M. MONLEAU Claude, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
c.monleau@aix-mrs.iufm.fr
Mme MORENAS Marie-Colette, IUFM d'AUVERGNE, CLERMOND-FERRAND
mcmorenas@auvergne.iufm.fr
Mme ORANGE Denise, IUFM de NANTES
denise.orange@paysdelaloire.iufm.fr
Mme ORANGE Christian, IUFM de NANTES
orange@pl.iufm.fr
M. PABA Jean-François, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
jf.paba@aix-mrs-iufm.fr
Mme PABA-ROLLAND Cécile, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
c.pabarolland@aix-mrs.iufm.fr
Mme PATEYRON Bernadette, UNIVERSITE de LYON 2-UMR GRIC-COAST, BRON
bernadette.pateyron@univ-lyon2.fr
M. PEKDAG Bülent, UNIVERSITE de LYON 2-UMR GRIC-COAST, BRON
Bulent.Pekdag@etu.univ-lyon2.fr
Mme PETERFALVI Brigitte, INRP DEP 3, PARIS
ptrfalvi@inrp.fr
Mme QUESSADA Marie-Pierre, IUFM de MONTPELLIER
mariepierre.quessada@iufm.univ-montp2.fr
M. RABIER Alain , IUFM de TOULOUSE SITE de RANGUEIL
alain.rabier@toulouse.iufm.fr
M. RAJON Philippe, IUFM-UNIMECA, MARSEILLE
rajon@unimeca.univ-mrs.fr
Mme REMORINI Nelly, LPO JEAN MONNET, VITROLLES
M. RIDAO Christian, IUFM de MONTPELLIER
christianridao@iufm.univ-montp2.fr
M. ROBARDET Guy, IUFM de GRENOBLE
guy.robardet@grenoble.iufm.fr
M. ROUBAUD Jean-Louis, UNIVERSITE de PROVENCE, LAMBESC
Roubaud@club-internet.fr
M. RUMELHARD Guy, INRP DEPARTEMENT 3, PARIS
guy.rumelhard@inrp.fr
Mme SAINT-GEORGES Monique, IUFM de LIMOUSIN SITE de LIMOGES

monique.saintgeorges@limousin.iufm.fr
M. SAVATON Pierre, IUFM de CAEN
pierre.savaton@caen.iufm.fr
Mme SCHNEEBERGER Patricia, IUFM d'AQUITAINE, MERIGNAC
patricia.schneeberger@aquitaine.iufm.fr
Mme SECCIA Jocelyne, IUFM d'AIX-MARSEILLE, MARSEILLE
jseccia@aix-mrs.iufm.fr
M. SEJOURNE Arnault, UNIVERSITE de LYON 2-UMR GRIC-COAST, BRON
arnault.Sejourne@univ-lyon2.fr
M. SENESI Pierre-Henri, IUFM de NICE
pierre-henri.senesi@unice.fr
Mme SERE Geneviève, UNIVERSITE de PARIS XI, ORSAY
Mme SIMONNEAUX Laurence, ENFA, CASTANET TOLOSAN
Laurence.simonneaux@educagri.fr
M. SOUARE Idrissa, LIREST ENS CACHAN, CACHAN
jung@dlp.ens-cachan.fr
M. SOUDANI Mohamed, IUFM de LYON
mohamed.soudani@lyon.iufm.fr
Mme TIBERGHIEN Andrée, UNIVERSITE de LYON 2-UMR GRIC-COAST, BRON
Andree.Tiberghien@univ-lyon2.fr
M. TISSERAND Eric, UNIVERSITE LOUIS PASTEUR, STRASBOURG
etisserand@hotmail.com
M. TOUSSAINT Jacques, IUFM de LYON
jacques.toussaint@lyon.iufm.fr
M. TRIBOLLET Bernard, IUFM de LYON
tribo@univ-lyon1.fr
M. TRIQUET Eric, IUFM de GRENOBLE
eric.triquet@grenoble.iufm.fr
M. VENTURINI Patrice, Univ. P. SABATIER TOULOUSE III - LEMME
Patrice.Venturini@cict.fr
Mme VIENNOT Laurence, LDSP - UNIVERSITE de PARIS 7
viennotl@ccr.jussieu.fr
M. VIGNES Michel, IUFM de MONTPELLIER
m.vignes@libertysurf.fr
M. VILLERET Olivier, IUFM des PAYS de la LOIRE, ANGERS
olivier.villeret@univ-angers.fr
Mme YACINE Elyane, IUFM d'AUVERGNE, CLERMONT-FERRAND
eyacine@auvergne.iufm.fr