

problème et problématisation

numéro coordonné par Christian Orange

PROBLÈME ET PROBLÉMATISATION DANS L'ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE	Christian Orange	3
ENSEIGNER LA PHYSIQUE PAR SITUATION PROBLÈME OU PAR PROBLÈME OUVERT	Jean Marie Boilevin	13
PROBLÈMES COMPLEXES FLOUS EN ENVIRONNEMENT ET PENSÉE RÉFLEXIVE D'ÉLÈVES DU SECONDAIRE	Rodolphe M. J. Toussaint Marie-Hélène Lavergne	39
UN JEU DE RÔLE SUR UNE CONTROVERSE SOCIO-SCIENTIFIQUE ACTUELLE <i>UNE STRATÉGIE POUR FAVORISER LA PROBLÉMATISATION ?</i>	Virginie Albe	67
DANS LE CADRE D'UN PARTENARIAT CONDUIRE PROGRESSIVEMENT DES ÉLÈVES À LA FORMULATION D'UN PROBLÈME SCIENTIFIQUE <i>UN SUIVI DE COHORTE DU CP AU CE1</i>	Yves Girault Catherine Lapérouse	95
DÉBAT SCIENTIFIQUE ET ENGAGEMENT DES ÉLÈVES DANS LA PROBLÉMATISATION <i>CAS D'UN DÉBAT SUR LA COMMANDE NERVEUSE DU MOUVEMENT EN CM2 (10-11 ANS)</i>	Françoise Beorchia	121
ARGUMENTATION SUR LES POSSIBLES ET CONSTRUCTION DU PROBLÈME DANS LE DÉBAT SCIENTIFIQUE EN CLASSE DE 3 ^e (14-15 ANS) SUR LE THÈME DE LA NUTRITION	Yann Lhoste	153
PROBLÉMATISATION FONCTIONNALISTE ET PROBLÉMATISATION HISTORIQUE EN SCIENCES <i>DE LA TERRE CHEZ LES CHERCHEURS ET CHEZ LES LYCÉENS</i>	Denise Orange Ravachol	177
PROBLÉMATISATION ET CONCEPT DE PARADIGME APPROCHE ÉPISTÉMOLOGIQUE, PSYCHOLOGIQUE, SOCIOLOGIQUE	Guy Rumelhard	205
RÉSUMÉS EN ANGLAIS		225
RÉSUMÉS EN ALLEMAND		229
RÉSUMÉS EN ESPAGNOL		235

ASTER N° 40. 2005. Problème et problématisation

INRP – ASTER – 19, mail de Fontenay – BP 17424 – F-69347 Lyon cedex 07

ASTER, UNE REVUE POUR L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES EXPÉRIMENTALES

Cette revue créée par l'équipe de didactique des sciences expérimentales de l'INRP s'adresse à la fois aux chercheurs en didactique, aux formateurs et aux enseignants concernés par la didactique.

Elle publie trois catégories d'articles :

- des études et recherches didactiques sur l'enseignement des sciences expérimentales, à caractère théorique, qui soient accessibles à des enseignants et à des chercheurs non familiers avec la problématique de l'auteur ;
- des travaux issus de disciplines autres que la didactique abordant des points qui éclairent les questions proprement didactiques (épistémologie, psychologie, linguistique) ;
- des descriptions d'activités pédagogiques qui donnent lieu à une analyse des caractéristiques du dispositif, du modèle pédagogique de référence, des activités intellectuelles sollicitées, de l'évolution des représentations.

Chaque numéro est centré sur un thème.

POUR PROPOSER UN ARTICLE

Vous envoyez un texte d'une vingtaine de pages (60000 signes incluant l'emplacement des documents et la bibliographie), à :

Comité de rédaction ASTER
INRP
19, mail de Fontenay – BP 17424
F-69347 Lyon cedex 07
aster@inrp.fr

Vous trouverez les appels à contribution ainsi qu'une fiche technique à destination des auteurs sur le site.

Votre article sera soumis à deux membres du comité de lecture, leurs avis confrontés à celui du comité de rédaction permettront de prendre la décision de sa publication en vous demandant éventuellement des modifications et compléments.

www.inrp.fr

INRP
19, mail de Fontenay - BP 17424
F-69347 Lyon cedex 07

PROBLÈME ET PROBLÉMATISATION DANS L'ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

Christian Orange

des problèmes
pour apprendre
les sciences...

Dans les enseignements scientifiques, le problème tient une place qui ne se limite plus aux seules évaluations mais concerne directement les enseignements et les apprentissages. Que l'on parle, dans les textes officiels français, d'enseignement par problèmes scientifiques (en *sciences de la vie et de la Terre* ; voir Brunet, 1998), de situations-problèmes (en *sciences physiques*) ou de démarche d'investigation (école primaire et maintenant collège), le problème est bien présent dans les dispositifs d'enseignement, même s'il ne dit pas toujours son nom. Plus largement, Tardif (1992) affirme que la résolution de problème devrait constituer la pierre angulaire du curriculum scolaire. Et un peu partout, à l'école comme dans les formations professionnelles, fleurissent les enseignements par problèmes (*Problem-based learning* ; voir Poirier Proulx, 1999).

...dans les textes
officiels...

Cette mode du problème dans l'enseignement, et particulièrement dans l'enseignement des sciences, ne fait qu'accompagner un mouvement plus vaste par lequel le problème est devenu l'image même de la pensée (Fabre, 1999). À cela est venu s'ajouter, plus récemment, un intérêt croissant pour les problématiques et la problématisation. Ces termes apparaissent, l'un ou l'autre, dans différentes disciplines (français, *sciences de la vie et de la Terre*, philosophie) et dans les nouveaux dispositifs que sont les *travaux personnels encadrés* (TPE) au lycée ou les *itinéraires de découverte* (IDD) au collège (voir Aster 39). Que signifie cet attachement à un processus qui ne semble pas se contenter des problèmes posés et de leur résolution, mais met en jeu une implication plus large des élèves ?

...comme dans
les recherches
didactiques

Du côté des recherches en didactiques des sciences, les relations entre problèmes, activités et apprentissages scientifiques semblent aujourd'hui aller de soi, à tel point que cette question est peu développée dans les ouvrages généraux de didactique, si ce n'est à travers la notion de situation-problème. La grande majorité des chercheurs en didactique des sciences sont certainement d'accord pour dire, comme Driver (Driver *et al.*, 2000), que l'acquisition de savoirs scientifiques ne peut se réduire à une « *accumulation non problématique de faits concernant le monde* » (1). Et cet accord se

(1) *Unproblematic collation of facts about the world.*

mais derrière
l'unanimité,
la diversité

traduit, entre autres, par une référence quasi-systématique à un cadre constructiviste, dont la signification n'est pas souvent interrogée.

L'unanimité est belle, mais peut-on pour autant penser que toutes ces convocations des problèmes, des problématiques et de la problématisation dans l'enseignement et les apprentissages des sciences relèvent d'un même cadre théorique et axiologique ; d'un même paradigme ? Cela ne va pas de soi.

En effet, si l'intérêt didactique des problèmes est souvent justifié par référence aux pratiques des chercheurs, les vertus annoncées présentent une étonnante disparité. Le problème peut être le moyen de fragiliser une conception ou de la transformer, dans un apprentissage par adaptation. Il est, dans d'autres cas, l'occasion de se former à une démarche scientifique. Ailleurs, c'est la problématisation qui est mise en avant, et les liens entre construction des problèmes et savoirs scientifiques.

Il semblait donc intéressant de faire le point sur la place que prennent problèmes et problématisation en didactique des sciences. C'est à cela que tente de contribuer ce numéro de la revue *Aster*, qui regroupe aussi bien des études de cas que des contributions plus synthétiques. Et les unes et les autres montrent à la fois la richesse mais aussi la diversité des approches et des références.

Cette variété peut se décliner selon plusieurs dimensions. Nous en avons retenu trois pour cette présentation :

- celles des références épistémologiques et psychologiques ;
- celle des types de problèmes soumis aux élèves ;
- celle des descriptions du processus de travail du problème et de la problématisation.

1. LES RÉFÉRENCES DES DIDACTIQUES DU PROBLÈME EN SCIENCES

Bachelard
ou Dewey ?

Bon nombre d'épistémologues contemporains donnent au problème une fonction majeure dans le fonctionnement des sciences. Il s'agit pour eux de rompre avec une description empiriste ou positiviste de l'activité scientifique. Bachelard (1938) note ainsi que « *pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question* », quand Popper affirme que la science commence par des problèmes (1991 p. 287 ; 1985 pp. 230, 329). Ces références, que l'on peut qualifier de rationalistes, sont convoquées dans beaucoup d'articles présentés ici. Mais la relation problèmes-connaissances est aussi portée par d'autres épistémologies, pragmatistes, comme celle de Dewey (1993). Cet auteur est également cité dans plusieurs contributions de ce numéro. Cette double référence, pragmatiste et rationaliste, mérite d'être interrogée puisqu'elle correspond à deux idées bien différentes des savoirs scientifiques (voir à ce sujet

Piaget
ou Vygotski ?

des cadres
théoriques
bien différents

Fabre, 2005) : sont-ils en rupture (Bachelard) ou en continuité (Dewey) avec les connaissances quotidiennes ?

Les références psychologiques rencontrées au fil de ce numéro sont au moins aussi variées : on y trouve Piaget, Vygotski et des psychologues cognitivistes. On voit bien en quoi ces écoles ont leur place dans une réflexion sur les relations entre problèmes et apprentissage, mais elles ne portent ni la même idée du problème, ni la même idée des apprentissages.

Lorsque l'on croise les références épistémologiques et les références psychologiques mobilisées dans chacun des articles, il apparaît ainsi des cadres théoriques très différents, reconstruisant chacun une logique interne à partir d'emprunts assez hétérogènes. C'est ce que montre, par exemple, Jean-Marie Boilevin dans l'étude qu'il propose des situations-problèmes et des problèmes ouverts dans l'enseignement de la physique. Reprenant la distinction, posée pour les mathématiques par Arsac, Germain et Mante (1991), entre situations-problèmes et problèmes ouverts, il rappelle les références bachelardienne et piagétienne de celles-là, et ce que doivent ceux-ci à la psychologie cognitive, mais aussi à Bachelard, Popper et au concept de *pratiques sociales de référence* de Martinand. Il reprend au passage la question de la compatibilité didactique entre Bachelard et Piaget (voir Astolfi, 1997 et Fabre, 1999). Mais il faudrait interroger les autres « combinaisons » que proposent les articles présentés ici : par exemple Bachelard et Dewey, dans le texte de R. Toussaint ; Bachelard, Popper et Vygotski, dans l'article de Y. Lhoste, etc.

Ces remarques ne veulent aucunement mettre en cause les cadres théoriques mobilisés, mais montrer que les travaux de didactique des sciences portant sur les problèmes et la problématisation rassemblent en fait des recherches bien différentes et que, derrière la bannière ambiguë du *constructivisme*, le développement et l'explicitation des cadres théoriques a encore toute sa nécessité.

Ces différences de cadre théorique peuvent en partie s'expliquer par le fait que les problèmes qu'étudient ces contributions ne sont pas du même type.

2. LA VARIÉTÉ DES PROBLÈMES ÉTUDIÉS

Si les différentes contributions de ce numéro s'intéressent à des élèves aux prises avec des problèmes et, plus largement, aux relations entre problèmes et savoirs, les problèmes en question n'ont pas tous le même statut épistémologique et ils ne prennent pas non plus la même forme didactique. On peut tenter de dresser rapidement un tableau de cette variété.

2.1. Le statut épistémologique des problèmes étudiés

On peut tout d'abord distinguer les problèmes de nature exclusivement scientifique de ceux qui correspondent à des questions socialement vives.

questions
socialement vives ?

Deux articles renvoient à cette seconde catégorie. Il s'agit d'une part de la contribution de Virginie Albe qui s'intéresse à la façon dont des élèves de terminale STAE (enseignement agricole) appréhendent la controverse sur la dangerosité des téléphones cellulaires et d'autre part du travail de Rodolphe Toussaint et Marie-Hélène Lavergne qui étudient des élèves de 16-17 ans confrontés à des « *problèmes complexes flous* » en environnement (maintien de la biodiversité : Les parcs nationaux sont-ils une solution ? La forêt boréale a-t-elle besoin d'aide ? etc.). Si ces problèmes ne sont pas tout à fait de même nature et si ces deux articles ne convoquent pas les mêmes cadres d'analyse, dans l'un et l'autre cas il s'agit de problèmes qui ne présentent pas une solution unique et où certaines composantes sont incertaines ; ils ne reposent pas uniquement sur des savoirs technoscientifiques, mais sur des considérations éthiques, économiques, politiques. Dernière caractéristique commune : ce sont des questions encore discutées par les scientifiques.

ou problèmes
scientifiquement
résolus ?

Les autres articles s'intéressent à des problèmes essentiellement liés à des questions scientifiques, très généralement résolues par les chercheurs, et qui sont transposés didactiquement à des fins d'apprentissage. Yves Girault et Catherine La Pérouse étudient, dans le cadre d'un partenariat Muséum/école primaire, la construction progressive de problèmes éthologiques par des élèves de l'école élémentaire (du cours préparatoire au cours élémentaire deuxième année). Ils privilégient les problèmes relevant de l'analyse descriptive, partie de l'éthologie la plus accessible aux jeunes élèves ; par exemple : comment savoir quelles espèces d'animaux sauvages vivent ici ? Comment faire pour étudier leur comportement ?

Les contributions de Françoise Beorchia et de Yann Lhoste analysent la construction de problèmes physiologiques. Commande nerveuse du mouvement au CM2, pour Françoise Beorchia, à partir de la question : comment le cerveau peut faire pour que le muscle se contracte ? Approvisionnement des organes en énergie et en matière, en classe de troisième, pour Yann Lhoste.

Denise Orange Ravachol présente, de manière comparative, la construction de plusieurs problèmes de *sciences de la Terre* par des lycéens et des chercheurs. Certains sont des problèmes fonctionnalistes : comment fonctionne le volcanisme des zones de subduction ? D'autres sont des problèmes historiques portant sur l'explication des ophiolites ou de l'origine de la vie.

Cette distinction entre problèmes « proprement » scientifiques et problèmes socio-scientifiques est certainement

discutable, particulièrement à partir des descriptions de l'activité scientifique qui prennent en compte les aspects sociaux, externes ou internes à cette activité. Tel est le cas du concept de paradigme qu'a développé Kuhn et dont Guy Rumelhard étudie ici en quoi il éclaire la question didactique des problèmes scientifiques et de leur construction. Mais ce sont les objectifs qui sont différents, entre accès à un savoir constitué et compréhension de controverses actuelles. C'est peut-être ce qui fait dire à Guy Rumelhard, bien ancré dans ses références à Bachelard et Canguilhem, que la vision sociologique des paradigmes n'a « *aucun intérêt pour l'enseignement des sciences, en particulier pour analyser certaines difficultés d'assimilation des élèves* ». Là encore, le cadre théorique choisi n'est pas neutre.

2.2. Les formes scolaires des problèmes pour apprendre

situations
problèmes ?

L'article de Jean-Marie Boilevin clarifie bien la distinction entre deux formes de « problèmes pour apprendre » utilisées en didactique des mathématiques et de la physique. D'une part la situation-problème, comme l'ont définie Brousseau, Douady, Meirieu, ou Astolfi : elle est centrée sur le dépassement d'un obstacle et les consignes en sont précisément définies de sorte que l'élève ne puisse aller au bout sans apprendre. D'autre part, le problème ouvert, dont la référence est explicitement l'activité du chercheur : les énoncés sont construits sans données définies *a priori*, le but étant avant tout l'apprentissage d'une démarche scientifique.

Cette clarification est nécessaire au moment où ces termes apparaissent de plus en plus souvent dans les textes officiels de l'enseignement de la physique. Il faut cependant noter que deux autres articles de ce numéro utilisent le terme de situation-problème dans un sens qui semble différent. Aussi bien dans la contribution de Girault et Lapérouse que dans celle de Toussaint et Lavergne, la situation-problème paraît correspondre à une définition large qui, par ses buts et son organisation, semble assez proche de ce que Boilevin définit comme problème ouvert.

La plupart des articles qui analysent le travail des élèves relient problèmes pour apprendre et débats dans la classe. Ce débat peut prendre deux grandes formes.

ou jeux de rôles ?

Ce peut être un jeu de rôle, comme dans l'étude présentée par Virginie Albe sur les téléphones portables. Les élèves, qui jouent le rôle d'avocats dans un procès entre un employé et son employeur, sont répartis en deux groupes auxquels on fournit un dossier : les uns défendent la victime et la thèse selon laquelle les téléphones portables sont dangereux ; les autres défendent l'employeur qui conteste cette dangerosité. Un tel dispositif permet aux élèves de s'approprier, par la lecture de textes, des argumentations d'une grande richesse

des débats
dans la classe
aux buts variés

mettant en jeu des connaissances qu'ils ne possèdent pas au départ ; mais leur centration sur un débat pour/contre peut également provoquer des difficultés de problématisation, dans la mesure où ils argumentent davantage pour gagner qu'à des fins heuristiques.

Les débats étudiés ou évoqués dans les autres articles se font à partir d'inscriptions d'élèves ou de groupes (texte, schémas...) produites pour exprimer leurs idées sur la question travaillée. Si ces discussions impliquent davantage les conceptions et les connaissances des élèves, celles-ci en limitent également la portée. Les buts didactiques de ces débats sont exprimés de différentes façons : argumenter des prévisions pour construire le problème (Jean-Marie Boilevin au sujet des situations-problèmes) ; montrer que le produit de la recherche se partage et se discute (Jean-Marie Boilevin au sujet des problèmes ouverts) ; faire progresser les idées (Yves Girault et Catherine Lapérouse) ; construire des raisons (Françoise Beorchia et Yann Lhoste).

3. LE TRAVAIL DU PROBLÈME

La dernière différence, et non la moindre, entre les contributions présentées ici, correspond à la façon dont est envisagé le travail du problème. Plus exactement à ce que l'élève doit faire entre la question qui lui est posée, d'une manière ou d'une autre, et la résolution du problème. Pratiquement tous les textes parlent de problématisation, mais avec des sens qui peuvent être différents.

problématiser...
...en développant
un questionnement ?

La première idée que l'on rencontre est que la problématisation correspond au développement d'un questionnement (Toussaint et Lavergne). D'autres la définissent par la formulation et la représentation des problèmes par les élèves (Girault et Lapérouse). Ce point de vue, marqué par les références de psychologie cognitive, est signalé également par Jean-Marie Boilevin en ce qui concerne les problèmes ouverts en physique : il s'agit, pour les élèves, d'exprimer les questions en termes de concepts physiques par une modélisation du problème. Virginie Albe indique que, pour les problèmes socio-scientifiques que les élèves étudient à travers le jeu de rôle, la problématisation correspond à l'élaboration collective d'un ensemble de représentations de la controverse.

...ou en modélisant
le problème ?

Les contributions de Françoise Beorchia, Yann Lhoste et Denise Orange Ravachol partagent un cadre théorique dans lequel construire le problème est plus que le représenter ou le modéliser ; c'est s'engager dans un processus rationnel correspondant à une exploration du possible, de l'impossible et du nécessaire. Et cet accès aux nécessités – pas simplement « *savoir que* » mais « *savoir pourquoi cela ne peut pas*

être autrement » – caractérise le dépassement de la connaissance commune et l'accès aux savoirs scientifiques. Comme le signale Canguilhem (1985, p. 47), cité par Yann Lhoste ; *« Connaître c'est moins buter contre un réel que valider un possible en le rendant nécessaire »*.

...ou en
construisant
le champ
des possibles ?

Dans ce cadre théorique, la problématisation des élèves ou des scientifiques peut être représentée par des espaces de contraintes qui mettent en tension registre empirique et registre des modèles. Françoise Beorchia en construit pour un débat portant, en cycle 3 (enfants de 9-11 ans), sur la commande nerveuse du mouvement. Yann Lhoste le fait pour un débat sur la nutrition en classe de troisième. Mais ces deux articles montrent que l'espace de contraintes ne dresse qu'une vision macroscopique du débat dans la classe, correspondant aux raisons globalement discutées, sans préciser ce que construit chacun. Cette approche mérite donc d'être complétée par des études plus fines. Françoise Beorchia suit pour cela le parcours cognitif des élèves au cours du débat. Yann Lhoste analyse, d'un point de vue langagier, la construction et la négociation des schématisations de solutions possibles.

Denise Orange Ravachol, compare les espaces de contraintes de géologues à ceux développés par des élèves de lycée dans les trois problèmes géologiques qu'elle étudie, l'un relevant d'une problématisation fonctionnaliste (volcanisme des zones de subduction), et les deux autres d'une problématisation historique (la mise en place des ophiolites et l'origine de la vie). Elle interroge ainsi les différences qui peuvent exister, pour les scientifiques et pour les élèves, entre la construction de ces deux types de problèmes, l'un et l'autre fondamentaux en sciences de la Terre.

on problématise
toujours dans
un certain cadre

Mais que l'on définisse la problématisation comme modélisation du problème ou comme construction du champ des possibles, elle n'a de sens que dans un cadre défini. L'étude de Guy Rumelhard le montre par les nombreux exemples de biologie qu'il étudie ; immunologie, programme génétique, encéphalopathie, différenciation cellulaire. Analysant le concept de paradigme de Kuhn, il affirme ; *« la pensée scientifique s'exerce, à un moment précis du travail, dans un contexte donné, à l'intérieur de contraintes qui déterminent les problèmes qui méritent attention. Le paradigme délimite également le jeu des possibles dans la recherche de solutions »*. Le cadre dans lequel les élèves pensent un domaine scientifique – appelons le paradigme (Kuhn) ou cadre épistémique (Piaget et Garcia, 1983) ou registre explicatif (voir les articles de Beorchia, Lhoste et Orange Ravachol) – a une grande importance pour comprendre comment ils construisent des problèmes.

4. CONCLUSION

questionner encore
l'apprentissage
par problèmes

Nous l'annonçons au départ, la simple évidence de l'apprentissage par problèmes mérite d'être questionnée, d'être... problématisée. La diversité des textes réunis ici le montre bien ; et encore n'avons-nous présenté que quelques aspects de cette diversité et des questions qu'elle pose. Nous laissons aux lecteurs le soin de les étudier plus en détail.

Il apparaît alors que les recherches de didactique des sciences concernant les problèmes ne fonctionnent pas dans un paradigme. Il ne s'agit pas de le regretter, mais de le reconnaître et de dire que, parallèlement à des études empiriques fines, des aspects théoriques doivent encore être développés. Bref les fonctions didactiques du problème et de la problématisation méritent bien d'être travaillées. Espérons que ce numéro y contribue.

Christian ORANGE
IUFM des Pays de la Loire
CREN, université de Nantes
christian.orange@paysdelaloire.iufm.fr

BIBLIOGRAPHIE

- ARSAC, G., GERMAIN, G. & MANTE, M. (1991). *Problème ouvert et situation-problème*. Lyon : IREM.
- ASTOLFI, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF.
- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BRUNET, P. (1998). Enseigner et apprendre par problèmes scientifiques dans les sciences de la vie. État de la question. *Aster*, 27, 145-181.
- CANGUILHEM, G. (1985). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.
- DEWEY, J. (1993). *Logique, la théorie de l'enquête*. Paris : Presses universitaires de France.
- DRIVER, R., NEWTON, P. & OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- FABRE, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : Presses universitaires de France.
- FABRE, M. (2005). Les deux sources de la problématisation. *Les sciences de l'éducation, Pour l'ère nouvelle*, 3.

PIAGET, J. & GARCIA, R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.

POIRIER PROULX, L. (1999). *La résolution de problèmes en enseignement*. Paris : Bruxelles ; De Boeck.

POPPER, K. (1972). *La connaissance objective*. Paris : Aubier.

TARDIF, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique. L'apport de la psychologie cognitive*. Montréal ; Les Éditions Logiques.

ENSEIGNER LA PHYSIQUE PAR SITUATION PROBLÈME OU PAR PROBLÈME OUVERT

Jean Marie Boilevin

La littérature pédagogique française utilise fréquemment depuis quelques années les expressions situation-problème ou problème ouvert dans le domaine de l'enseignement de la physique. Pour justifier cette utilisation, l'intérêt didactique des problèmes est souvent mis en avant, la relation entretenue entre problème et apprentissage de la physique apparaissant essentielle. Mais la signification même des expressions utilisées pour convoquer le problème de physique ne semble pas stabilisée. N'y a-t-il pas alors un risque que des malentendus surgissent et que des divergences sur les questions d'enseignement-apprentissage naissent de l'utilisation de termes divers (problème, situation-problème, problème ouvert, problématisation) sans qu'un travail sur le sens n'ait été accompli ?

Nous proposons dans cet article d'analyser plus précisément deux types d'activités rencontrées dans l'enseignement de la physique en France et qui ont fait l'objet de réflexions théoriques et de tentatives de validation par certains chercheurs en didactique : la situation-problème et l'activité de résolution de problème ouvert. La comparaison d'un point de vue épistémologique, psychologique et didactique de ces deux outils amène à interroger notamment la nature et la place du problème dans l'apprentissage de la physique.

1. INTRODUCTION

Depuis quelques années, concernant l'enseignement de la physique, on trouve une utilisation fréquente de l'expression *situation-problème*, parfois de *problème ouvert* (ou *situation ouverte*) dans la littérature pédagogique (manuels, revue d'associations de spécialistes (1), sites Internet institutionnels ou non) comme chez les prescripteurs (instructions officielles) ou encore dans les documents d'accompagnement des programmes (2). Ainsi, à propos de la place de l'expérience dans l'enseignement, les programmes de seconde et de première S (3) indiquent que l'enseignement expérimental « offre la possibilité de répondre à une situation-problème par la mise au point d'un protocole, la réalisation pratique de ce

un usage
d'expressions
diverses...

-
- (1) Nous pensons au *Bulletin de l'union des physiciens* et à la *Revue de l'association des professeurs d'initiation aux sciences physiques*.
 - (2) Ces documents sont élaborés par le *Groupe d'experts en programme scolaire* (GEPS) de sciences physiques.
 - (3) BOEN Hors Série n° 2 du 30 août 2001 et BOEN Hors Série n° 7 du 30 août 2000.

...convoquant
le problème
de physique

mais des
significations
non stabilisées

protocole, la possibilité d'aller-retour entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats ». De même, les documents d'accompagnement proposent des mises en œuvre du programme de première S s'appuyant abondamment sur l'idée de *situation-problème*.

Pour justifier cette utilisation, l'intérêt didactique des problèmes est souvent mis en avant par différents auteurs en mettant l'accent notamment sur la relation entre problème et apprentissage de la physique. Mais la signification même des expressions utilisées pour convoquer le problème de physique ne semble pas stabilisée. De même, les points de vue épistémologiques, psychologiques et didactiques sous-jacents ne sont pas souvent explicités. N'y a-t-il pas alors un risque que des malentendus apparaissent et que des divergences sur les questions d'enseignement apprentissage naissent de l'utilisation de termes divers (*problème, situation-problème, problème ouvert, problématique*) sans qu'un travail sur le sens n'ait été accompli ?

De très nombreux travaux de recherche sur la résolution de problème en contexte scolaire existent. Ainsi le « *Problem Based Learning* » semble-t-il très développé comme démarche d'enseignement (4) dans le monde anglo-saxon. Pour notre part, nous proposons dans cet article d'analyser plus précisément deux types d'activités rencontrées dans l'enseignement de la physique en France et qui ont fait l'objet de réflexions théoriques et de tentatives de validation par certains chercheurs en didactique : la situation-problème et l'activité de résolution de problème ouvert. La comparaison de ces deux outils didactiques devrait permettre d'interroger notamment la nature et la place du problème dans l'apprentissage de la physique.

2. QU'EST-CE QU'UN PROBLÈME EN PHYSIQUE ? QUELLES SONT SES FONCTIONS DANS L'ENSEIGNEMENT ?

Nous essayons de préciser le sens que nous pourrions attribuer au mot problème. Nous analysons ensuite ses rôles didactiques possibles dans l'enseignement apprentissage de la physique.

2.1. Un détour linguistique

Le Petit Robert propose deux sens au mot problème. Dans un premier cas, un problème est « *une question à résoudre qui prête à discussion, dans une science* ». Cette « *question à*

(4) Voir par exemple Pochet (1995) pour une étude de cette question.

résoudre porte soit sur un résultat inconnu à trouver à partir de certaines données, soit sur la détermination de la méthode à suivre pour obtenir un résultat supposé connu. » Dans une deuxième proposition plutôt orientée vers la vie courante, un problème est une « difficulté qu'il faut résoudre pour obtenir un certain résultat ; une situation instable ou dangereuse exigeant une décision. »

question
de physique ?

En fait, le mot problème est apparu tardivement dans la langue française, remplaçant peu à peu le mot question.

Qu'est-ce donc qu'une question ? Le Dictionnaire historique de la langue française (1993) précise à ce propos que « question » est emprunté par notre langue au latin *quaestio* au XII^e siècle. Ce terme « désigne la recherche en général » et « s'est spécialisé en droit au sens d'« enquête », « interrogatoire », plus spécialement « enquête avec torture », et dans la langue philosophique « interrogation, discussion » ». Le même dictionnaire précise : « Le mot, sans reprendre le sens général du latin, réservé en français à quête et à recherche, a été emprunté pour désigner une demande faite en vue d'une information, d'un éclaircissement. Avant la fin du XII^e siècle, question désigne un point qui prête à discussion, soulève un débat théorique ou pratique ».

ou problème
de physique...

Le mot problème ne s'est imposé en français que depuis le XVII^e siècle : longtemps après, on continuera de parler de questions de physique (ou de mathématiques, etc.) plutôt que de problèmes de physique. Selon le *Dictionnaire historique de la langue française* encore, le mot dérive, par le latin *problema*, qui désigne une question à résoudre, d'un mot grec signifiant, « ce que l'on a devant soi, et spécialement un obstacle, une tâche, un sujet de controverse, une question à résoudre ». Le mot grec est en effet formé à partir de *pro*, « devant », et de *ballein*, « lancer » : l'idée essentielle est celle d'une difficulté, d'un défi-intellectuel, par exemple – que l'on lance (*βᾶλλω*) devant soi (*πρό*).

Que deviennent ces différents points de vue dans le domaine de la physique et de son enseignement ? Pour notre part, il nous semble qu'une question appelle en général une réponse alors qu'un problème appelle une procédure de résolution. De plus, comme le soulignent De Vecchi & Carmona-Magnaldi (1996), l'instabilité liée à l'existence du problème à résoudre (évoquée par le Petit Robert) semble fournir une situation tout à fait favorable à l'apprentissage.

2.2. Représentation du problème, résolution de problèmes et problématisation

De l'étude étymologique, Fabre (1999) tire trois réseaux sémantiques délimitant le mot « problème » : l'initiative ou le projet, la difficulté ou l'obstacle, la saillance ou le significatif. Ces trois dimensions sont questionnées par cet auteur à

trois dimensions du
mot problème...

l'aide d'une part des travaux de la psychologie cognitive et d'autre part de certains points de vue épistémologiques.

...questionnées

par la psychologie
cognitive

par l'épistémologie

La première orientation permet de mettre l'accent sur la tâche et sur l'activité du sujet résolvant le problème (Weil-Barais, 1993). Il faut alors distinguer la description objective de la tâche faite par l'expert de la représentation subjective que s'en fait le sujet qui traite le problème. Les recherches portent alors sur le processus de résolution de problèmes insistant en particulier sur deux étapes importantes : la représentation du problème et l'élaboration de la solution.

L'étude des rapports entre théorie et faits d'observation a amené les épistémologues contemporains à abandonner une vision inductiviste de la démarche scientifique pour une approche hypothético-déductive. Dans le rapport dialectique entre théorie et réalité, la démarche du physicien se fait alors résolution de problème. Pour Fabre, « *le problème devient la catégorie centrale de l'épistémologie antipositiviste* », représentée par Bachelard et Popper. Mais « *le soucis omniprésent du problème ne garantit en rien que soient sauvegardées toutes les exigences de la problématique* ». Fabre met en garde contre trois propositions sur lesquelles s'appuie le paradigme du problème : « *les réponses sont plus fondamentales que les questions ; savoir si les réponses sont vraies ou fausses est la seule chose vraiment importante ; le plus déterminant dans la pensée, c'est de savoir résoudre les problèmes.* » Mais pour cet auteur, cette vision dogmatique du problème peut être compensée par les idées de Bachelard ou celles du pragmatisme qui mettent l'accent sur la construction du problème (la problématisation).

2.3. Essai de définition dans le domaine de l'enseignement de la physique

distinguer
problème de science
et
problème de classe

Chez Dumas-Carré & Goffard (1997) « *pour qu'il y ait problème, il doit y avoir une question qui a du sens et nécessite une réponse qui n'est pas connue, sinon il n'y aurait que rappel de connaissances mémorisées. La résolution d'un problème consiste à élaborer un raisonnement qui conduit de la question à la réponse, en utilisant des connaissances déjà acquises. Si le chemin était connu, il s'agirait aussi de rappel de connaissances.* »

De Vecchi & Carmona-Magnaldi (1996) ajoutent que les problèmes rencontrés en milieu scolaire ne sont en fait que des exercices puisqu'ils se résument bien souvent « *à un questionnement venant d'une personne (maître ou auteur du manuel) et devant être résolue par une autre personne (apprenant).* »

Joahua & Dupin (1993) insistent sur les niveaux de distinction d'un problème. Tout d'abord, un problème rencontré en classe de sciences n'est pas un problème naturel. Ces auteurs prennent l'exemple de la nuit qui est noire pour tout le monde. « *Ce n'est qu'en classe de physique que cette couleur*

distinguer
problème de la vie
quotidienne
et
problème scolaire
académique

devient un problème. Ce problème, d'abord et avant tout scientifique, est aussi un problème didactique car il est posé en classe de physique, en vue d'apprendre la physique. [...] L'existence du problème dans la classe ne va pas de soi ; c'est une construction externe à la classe », qui nécessite une dévolution (au sens de Brousseau, 1986). Le mot problème est en effet souvent employé pour désigner la tâche, comme s'il s'agissait effectivement d'un problème pour les élèves à qui l'on propose cette tâche. En fait, proposer des problèmes en classe relève d'un travail didactique considérable, comme le précisent ces deux auteurs.

Dumas-Carré & Goffard s'attachent à comparer les problèmes de la vie quotidienne et les problèmes scolaires académiques. Elles insistent sur le fait que dans le premier cas, seul le résultat obtenu compte alors que dans le second cas, le résultat importe peu d'un point de vue pratique, c'est la façon dont il a été obtenu qui importe. En effet, la résolution du problème permet de donner du sens aux connaissances de physique.

Ces auteurs s'interrogent alors sur la finalité des activités de résolutions de problèmes scolaires.

2.4. Les formes et les fonctions possibles des activités de résolution de problèmes en milieu scolaire

selon le modèle
pédagogique,
différents statuts
pour le problème
en milieu scolaire

Étudiant la littérature pédagogique consacrée au problème, Fabre (1999) repère trois types de pédagogie avec trois statuts possibles pour le problème en milieu scolaire. Cet auteur évoque ainsi la pédagogie de la réponse ou de la compréhension, celle de la résolution de problèmes et celle de la problématisation. Dans chaque modèle pédagogique, la troisième forme se présente comme une synthèse des deux autres : appropriatif (Champagnol, Charnay) investigation/structuration (Astolfi, Develay) et situation-problème (Meirieu).

deux fonctions
pour le problème :
évaluation
ou apprentissage

Mais la première fonction prise en compte par l'enseignant est la fonction d'évaluation : « *un sujet résout un problème en utilisant les connaissances qu'il possède déjà. Être capable de résoudre "correctement", un problème est donc preuve que l'on possède ces connaissances* » (Dumas-Carré & Goffard, 1997).

La seconde fonction est celle d'apprentissage : « *pour résoudre un problème, un sujet construit une solution nouvelle, pas encore connue de lui. Il crée ainsi un savoir nouveau, un nouvel assemblage. Il apprécie le champ d'application d'un concept, d'une loi. Il relie ce concept à d'autres ou l'associe à d'autres qui, jusque-là, lui paraissaient indépendants* » (Dumas-Carré & Goffard, 1997).

Dans les deux cas, ce sont les mêmes énoncés, que Dumas-Carré appelle des problèmes coutumiers, qui sont utilisés dans la pratique scolaire. Cet amalgame entre deux finalités différentes semble dommageable pour ce qui concerne la

fonction apprentissage et amène à proposer d'autres types de problème :

- La situation-problème : une alternative au cours lui-même.
- Le problème ouvert : une alternative au problème classique.

3. ENSEIGNER LA PHYSIQUE PAR SITUATION-PROBLÈME

situation-problème :
concept d'origine
pragmatique...

La *situation-problème* est un concept dont le champ d'application à la didactique d'un grand nombre de disciplines. Mais comme de nombreux concepts forgés de façon pragmatique par les didacticiens, il semble que sa définition soit floue même s'il semble fécond dans l'usage qui en est fait. Dans le cas de la physique, des efforts d'explicitations théoriques ont été entrepris concernant ce concept, notamment par Robardet (2001).

3.1. Généralités

De nombreux domaines de la didactique ont exploré ce concept, du français aux sciences expérimentales. Pour Meirieu (1988), la *situation-problème* s'oppose aux pédagogies de la réponse et aux pédagogies du problème. « *Tout l'effort de la pédagogie des situations-problèmes est d'organiser précisément l'interaction pour que, dans la résolution du problème, l'apprentissage s'effectue. Cela suppose que l'on s'assure, à la fois, de l'existence d'un problème à résoudre et de l'impossibilité de résoudre le problème sans apprendre* ».

...utilisable
quelle que soit
la discipline...

Pour De Vecchi & Carmona-Magnaldi (1996, 2002) la *situation-problème* est utilisable quelle que soit la discipline d'enseignement. Il s'agit d'une situation de recherche, en relation avec un obstacle lié à des conceptions erronées et vécu par les élèves comme une contradiction. Le travail sur cet obstacle s'appuie alors sur des conflits cognitifs ou socio-cognitifs et son dépassement ouvre sur la construction de connaissances à caractère général. Ces auteurs ajoutent que la *situation-problème* est « *porteuse de sens pour celui qui apprend* », « *Face à la difficulté de trouver de véritables situations-problèmes dans la littérature pédagogique* », De Vecchi propose ainsi un ouvrage (2004) constituant « *une banque de situations-problèmes tous niveaux* ».

...à condition
de distinguer
gestion
pédagogique
et
gestion didactique

« *La situation-problème est ainsi au cœur de la réflexion didactique, elle articule le niveau des représentations et des conceptions des élèves et le niveau de l'organisation conceptuelle des apprentissages* » (Cornu & Vergnion, 1992).

Mais comme le souligne Fabre (1999), il convient de distinguer la gestion pédagogique des *situations-problèmes* de la gestion didactique. La première s'appuie essentiellement sur

un axe psychologique alors que la seconde exige « une élucidation épistémologique des savoirs à enseigner » permettant ainsi de garantir la valeur des apprentissages. « À l'axe psychologique vient alors s'articuler un axe épistémologique, celui qui relie le savoir visé aux représentations premières, lesquelles peuvent alors – mais alors seulement – s'interpréter en termes d'obstacles. »

3.2. Cas de l'enseignement de la physique

objectif-obstacle
et dépassement
d'un obstacle
épistémologique

Les caractéristiques d'une *situation-problème* dans le domaine de l'enseignement de la physique ont été étudiées et détaillées par Robardet dans une série d'articles (1990, 1995, 1997, 2001).

• Objectif obstacle ou comment s'attaquer à une difficulté conceptuelle importante

L'objectif premier qui est visé dans un enseignement de physique s'appuyant sur une *situation-problème*, c'est le dépassement d'un *obstacle* (épistémologique). Le choix de cet *obstacle* et l'utilisation qui en est faite amène à parler d'*objectif-obstacle* comme le propose Martinand (1986). De plus, le changement conceptuel accompli par les élèves devra être souligné par l'enseignant à la fin du travail.

• Construire une situation suivie d'une question

construire
une situation
répondant
à des contraintes
précises

Le savoir à enseigner doit être contextualisé afin de se présenter de manière opératoire, en concurrence directe avec les conceptions des élèves. L'étude proposée aux élèves s'organise donc autour d'une situation à caractère concret. « *Construire une situation, c'est construire un milieu (au sens de Brousseau) au sein duquel le savoir enseigné va pouvoir prendre tout son sens pour l'élève* » (Robardet, 2001).

Le choix de la situation répond donc à des contraintes précises. Il faut tout d'abord identifier l'obstacle. Il faut alors faire preuve d'imagination, comme le dit Robardet, pour trouver la situation dans laquelle l'*obstacle* va se manifester et dans laquelle le savoir enseigné va pouvoir prendre tout son sens.

organiser
la situation concrète
en proposant
des questions

Il faut ensuite organiser la situation (aspect matériel ; travail par groupes de deux, de quatre etc. ; différentes phases de travail). Les consignes de travail doivent être précises (prévision, argumentation, activité expérimentale). De même, une attention doit être apportée au choix des activités ainsi qu'au choix et à la formulation des questions posées. Nous voyons ici que la place de l'expérimental doit être particulièrement travaillée.

La situation concrète étant organisée, il s'agit alors de proposer aux élèves une ou plusieurs questions. « *Dans la plupart des cas, on demande aux élèves guidés par leurs conceptions de prévoir et d'argumenter un effet avant d'en*

effectuer le constat expérimental » (Robardet, 2001). Généralement, les prévisions ne résistent pas à l'épreuve des faits et l'apparition de ce paradoxe permet de passer à la phase suivante du travail.

• **Problématisation**

Reprenant les propos de Fabre (1999), Robardet distingue pour penser le concept de problème deux niveaux qui s'écartent de la vision habituellement rencontrée dans l'enseignement et déjà signalée précédemment (où un problème est en fait un simple exercice d'application des connaissances) : la problématisation et la résolution.

distinguer
phase
de problématisation
et phase
de résolution

La phase de problématisation est essentielle. Elle amène les élèves à participer à la construction du problème au cours des interactions en classe. On retrouve les idées de Bachelard (1938) sur la nécessité de construire les problèmes qui ne se posent pas d'eux-mêmes.

La phase de résolution proprement dite est précédée de la dévolution du problème. En effet, si la situation est bien menée, le problème imaginé par le professeur va devenir le problème des élèves. La mise en évidence du paradoxe entre les prévisions et les observations effectuées va alors créer le besoin de résoudre le problème.

Généralement, les schémas habituels de résolution ne fonctionnent plus. L'apport du professeur est alors nécessaire (institutionnalisation) et les élèves sont conduits à s'approprier les éléments nécessaires à la construction d'une solution.

• **Rôles de l'enseignant**

Robardet reprend le découpage du travail en classe en plusieurs moments distingués par Brousseau.

La première phase est une phase d'action, un moment de recherche, de discussion en petits groupes. L'enseignant est ici un organisateur.

suivant les phases
rôles différents
de l'enseignant

La phase suivante est une phase de formulation, un moment d'échanges entre groupes, de confrontations de points de vue. L'enseignant joue alors le rôle d'animateur et veille notamment à organiser les discussions.

Enfin, le travail se termine par une phase de validation. Il s'agit alors de choisir entre les différentes propositions (hypothèses explicatives) et de recourir éventuellement à l'expérience pour trancher. L'enseignant joue encore le rôle d'un animateur.

Le problème étant résolu, le professeur institutionnalise le savoir, en le décontextualisant de la situation étudiée. L'enseignant est ici le représentant de la Physique, le garant de la conformité du résultat aux savoirs de la Physique.

• Place de l'expérience

L'expérience peut répondre à deux objectifs. Tout d'abord, elle peut permettre à l'enseignant de mettre en évidence un phénomène particulier. Il s'agit ici d'une monstration (au sens de Johsua).

l'expérience :
deux objectifs
possibles

Mais la place essentielle de l'expérience se situe à la fin de la phase de formulation lorsqu'il s'agit de valider ou d'invalidier les propositions. L'expérience est alors associée à la recherche de preuves.

Dans une *situation-problème*, l'élaboration du protocole expérimental et sa mise en œuvre sont assurés si possible par les élèves. Le compte-rendu des observations et des mesures doit amener la classe à conclure avec l'aide du professeur.

Ajoutons qu'une séance d'*enseignement-apprentissage* de physique utilisant une *situation-problème* s'appuie souvent sur une série de situations expérimentales.

3.3. Cadres théoriques et types d'apprentissages en jeu

un dispositif
didactique...

D'un point de vue épistémologique, notons que ce dispositif tente de construire un rapport à l'expérimental plus conforme aux pratiques actuelles. En effet, il s'appuie sur le primat du théorique sur l'expérimental, abandonnant de ce fait la vision empiriste encore très répandue chez les enseignants. Ainsi, la pratique du questionnement, de la construction d'expérience à l'intérieur d'un cadre théorique initial (ici les conceptions des élèves) permet d'illustrer la notion de problème scientifique.

...pour un rapport
à l'expérimental
plus conforme
à la pratique
scientifique...

De plus, le travail en groupes donne une image de la pratique scientifique aux élèves. D'une part, le produit de la recherche d'une équipe se partage avec l'ensemble de la communauté scientifique. D'autre part, la connaissance est un processus de construction qui nécessite une communication et une validation entre les individus.

L'apprentissage à l'œuvre dans ce type de situation s'appuie sur les travaux de Piaget. En effet, le découpage et l'emboîtement des situations assurant sa progression permet aux mécanismes d'accommodation-assimilation de fonctionner et amène ainsi les élèves à progresser dans l'appropriation des connaissances.

...et s'appuyant
sur l'hypothèse
constructiviste...

Fabre (1999) note cependant une certaine incohérence chez les didacticiens à convoquer d'une part Piaget et d'autre part Bachelard dans cet outil didactique. En effet, Piaget développe une conception continue dans la construction des connaissances (les processus d'adaptation et d'équilibration permettant une restructuration de la connaissance) alors que Bachelard développe une vision plutôt discontinue (le dépassement des obstacles épistémologiques permettant la construction de connaissances).

...et/ou
socioconstructiviste

Notons aussi que si le travail de groupes est privilégié par l'enseignant, les interactions sociales entre pairs vont faciliter l'apprentissage (Vygotski). En effet, les conceptions des élèves sont exprimées et discutées, ce qui permet une mise en échec éventuelle des théories alternatives des apprenants. La *situation-problème* serait alors un dispositif didactique reposant sur l'hypothèse socioconstructiviste.

4. ENSEIGNER LA PHYSIQUE EN UTILISANT DES PROBLÈMES OUVERTS SANS DONNÉES

travaux en sciences
cognitives
à l'origine
de ces recherches

La pratique du problème ouvert a été discutée en didactique des mathématiques (Arsac *et al.*, 1988) pour redonner du sens aux activités mathématiques. L'utilisation de problèmes ouverts sans données dans l'enseignement de la physique a été développée conjointement par des chercheurs espagnols et français (Dumas-Carré *et al.*, 1989, 1992 ; Goffard & Dumas-Carré, 1993 ; Dumas-Carré & Goffard, 1992, 1997 ; Gil-Pérez, 1992 ; Furio-Mas *et al.*, 1994).

Ces recherches prennent appui sur les travaux en sciences cognitives et particulièrement sur l'approche *traitement de l'information* (par exemple Newell & Simon, 1972 ; Richard, 1990) qui met l'accent sur les processus de résolution de problèmes et sur les mécanismes d'acquisition.

4.1. Comparaison entre un problème fermé et un problème ouvert

caractéristiques
du problème ouvert

Pour parler de problème ouvert sans données, les tâches proposées aux élèves doivent posséder les caractéristiques principales suivantes :

- la situation à étudier est décrite en termes de phénomènes, d'objets ;
- la situation est ouverte, sans données (les grandeurs susceptibles d'intervenir sont à déterminer, les conditions aux limites sont à fixer, la modélisation est, elle aussi, ouverte) ;
- la question est posée en termes de phénomènes et d'objets.

Dumas-Carré & Goffard (1997) citent ainsi les exemples suivants, à propos de mécanique en terminale S, pour illustrer cette distinction entre problème fermé et problème ouvert sans données.

Énoncé coutumier :

Une locomotive de 100 tonnes se déplace sur une voie rectiligne et horizontale à la vitesse constante de 70 km/h. Sur la voie se trouve une voiture à l'arrêt. Quelle doit être la force de freinage pour que la locomotive s'arrête en 25 secondes ?

Énoncé transformé en problème ouvert :

Un train roule sur une voie. Sur celle-ci se trouve un obstacle. Le train rencontrera-t-il l'obstacle ?

faire des choix
de représentation

À partir de ces exemples, les principales caractéristiques d'un problème fermé peuvent être comparées à celles d'un problème ouvert.

Dans l'énoncé coutumier, la représentation et la modélisation du problème sont explicites et ne sont donc pas à la charge de l'élève. De plus la question est posée en termes de grandeur physique à déterminer. Il s'agit simplement pour l'élève d'appliquer les lois de la mécanique pour obtenir cette grandeur, ces dernières étant suggérées par l'énoncé du problème.

faire des choix
de modélisation

Par contre, à partir du texte du problème ouvert et de la formulation de la question, plusieurs problèmes sont envisageables. Suivant la représentation de la situation problématique et des choix de modélisation faits, différents énoncés pourront être proposés et traités. L'énoncé coutumier apparaît alors comme l'un des problèmes possibles à partir du problème ouvert, suivant les fermetures (5) opérées par exemple au cours des choix de représentation et de modélisation. Dans le problème ouvert proposé, la voie peut être considérée horizontale ou inclinée. De même, les forces de frottements peuvent être considérées constantes ou non pendant le freinage.

4.2. Activité de résolution de problèmes ouverts de physique

Nous avons déjà eu l'occasion d'analyser ce dispositif didactique ainsi que sa mise en œuvre par des enseignants en formation (Boilevin, 2000 ; Boilevin & Dumas-Carré, 2001).

• Cadre théorique

comparaison
experts/novices

Ce modèle s'appuie notamment sur l'idée de *représentation du problème*. Un courant de recherches sur la résolution de problèmes utilisant la comparaison experts/novices (Larkin & Reif, 1979 ; Chi *et al.*, 1981) est à l'origine ce concept. La résolution de problèmes est découpée en étapes et la représentation du problème constitue le produit obtenu à la fin de la première étape. Mais les interactions entre les individus résolvant un problème sont aussi prises en compte dans le modèle développé par Dumas-Carré & Goffard.

Un point de vue développé par l'épistémologie contemporaine (Bachelard, Popper) considère les théories non comme des découvertes mais comme des inventions, produits de l'activité humaine. « *Rien n'est donné, tout est construit* » (Bachelard, 1938). L'idée d'une réalité objective du monde dévoilé par la science est alors abandonnée. La science est

(5) Par fermeture, il faut comprendre un problème traditionnel fermé (conditions et modélisation précisées) compatible avec la situation ouverte étudiée. Le professeur guide les élèves vers certaines fermetures, suivant ses objectifs et les moyens des élèves.

le concept
d'intersubjectivité
remplace
celui d'objectivité

vue comme un processus collectif de construction d'une représentation de la réalité. Le concept d'intersubjectivité (échange de points de vue entre individus) remplace alors celui d'objectivité. Le discours scientifique n'existe que s'il est reconnu comme tel par la communauté partageant les mêmes critères de rationalité et de preuves, les mêmes exigences méthodologiques etc. « *Il n'y a de connaissance que collective, et donc partagée* » (Lévy-Leblond, 1996).

certaines activités
scolaires éclairées
par le concept
de pratique sociale
de référence

Le concept de pratique sociale de référence (Martinand, 1986) désigne les activités sociales pouvant servir de références à des activités scolaires. De ce point de vue, un programme d'enseignement ne se réduit pas à une simple réduction ou adaptation du savoir savant en savoir à enseigner. Il convient de ne pas oublier les activités sociales correspondantes. Les conditions d'obtention et d'utilisation des savoirs sont aussi importantes que ces derniers. Ainsi, on peut faire appel à des pratiques de références variées (la recherche scientifique, l'ingénierie, voire les activités domestiques). À partir de ce concept didactique, Dumas-Carré & Goffard proposent un modèle d'activité de résolution de problèmes ouverts, en prenant comme référence le chercheur scientifique et comme activité la résolution de problèmes (activité principale de la recherche scientifique). Elles choisissent alors certaines « activités intellectuelles » parmi les éléments de la démarche scientifique pour une transposition en classe. Le recours à des problèmes ouverts sans données permet à l'élève de développer des activités cognitives absentes très souvent dans la résolution traditionnelle d'un problème de physique :

- travailler la précision de la situation, la représentation du problème ;
- émettre des hypothèses, rechercher les facteurs pertinents ;
- choisir une modélisation, travailler les limites d'utilisation du modèle utilisé ;
- rechercher différents chemins de résolution ;
- exprimer ses idées, ses préconceptions.

modification du rôle
des élèves et du rôle
du professeur

Le rôle des élèves et celui du professeur sont ainsi nettement modifiés par rapport à la pratique traditionnelle. Pour illustrer notre propos, nous présentons dans le document 1 une comparaison possible entre l'activité d'un chercheur (la recherche scientifique) et l'activité d'un élève en situation de résolution de problème ouvert sans données (la recherche élève).

• **Analyse du modèle d'activité**

Pour analyser ce modèle, nous avons repéré six catégories qui le structurent.

a) Caractéristiques des tâches

Il s'agit de problèmes ouverts sans données, occasions de faire développer aux élèves des activités intellectuelles en référence aux activités intervenant dans une recherche scientifique. Par exemple :

problèmes ouverts
sans données

- Problématiser : clarifier le but du problème, exprimer une question en termes de concepts de physique.
- Modéliser : se représenter le problème, choisir et préciser la situation (niveau de prise en compte du réel)
- Émettre des hypothèses : déterminer les facteurs dont dépend(ent) la ou les grandeur(s) recherchée(s) et comment ils interviennent.
- Élaborer des stratégies de résolution (anticiper, explorer, organiser).
- Contrôler, analyser la cohérence entre les résultats et les hypothèses.

activités
intellectuelles
en référence
à certaines activités
de recherche

- Déterminer de nouvelles questions, par exemple en changeant la modélisation, en choisissant une situation plus complexe maintenant abordable compte tenu des connaissances construites.
- Effectuer un retour synthétique sur les différentes étapes suivies pour résoudre le problème

Le dernier point n'existe pas dans la pratique de référence. Mais cette étape est essentielle pour que l'activité de résolution de problème ouvert assure une fonction d'apprentissage auprès des élèves (transfert à d'autres problèmes, construction de méta-connaissances). Nous retrouvons ici ce que l'équipe de recherche de l'I.N.R.P. regroupée autour de Astolfi nomme « *activités de structuration* » (1985). Ces dernières « *ont pour objet de permettre une synthèse à partir d'un ensemble de situations de référence* ». C'est pourquoi Dumas-Carré et Goffard préconisent l'utilisation de ce modèle d'activité pendant une série de séquences d'enseignement et non ponctuellement. Cela permet aux élèves de construire des relations entre des connaissances ponctuelles résultant de la résolution de problèmes variés.

activités
de structuration

b) Travail en commun

L'organisation du groupe classe est essentielle dans les activités de résolution de problèmes ouverts. Il s'agit d'un travail collectif avec une alternance de :

travail collectif
et tâches
intermédiaires

- Temps de réflexion et de production en petits groupes de façon à pouvoir discuter, échanger entre élèves et avancer ensemble dans la résolution du problème.
- Temps de communication des travaux de groupes.
- Temps de discussion, de confrontation des points de vue en classe entière.

L'ensemble d'une séquence de classe est organisé autour de tâches intermédiaires. Une organisation possible est présentée dans le document 2 ci-contre.

Document 2. Déroulement d’une séquence de classe
Rôles de l’enseignant et activités des élèves

	Rôles du prof	Activités des élèves
Durant toute la séance	– gérer le temps et la forme	
Présentation de la séance	– présenter les règles du jeu – anticiper (groupe de proximité, de TP, ... ?) – distribution de l’énoncé	– constitution des groupes et désignation du secrétaire rapporteur sous la tutelle du prof
Titre 1^{re} phase	Problématisation	
1 ^{re} Phase Travail en groupe	– faire traduire l’énoncé en un problème de physique – organiser la discussion – susciter le questionnement – demander des explications – propose des contre-exemples	– répondre à la question – production écrite – consensus (si possible) du groupe
1 ^{re} Phase Restitution classe entière	– animer – guider (tutelle et/ou médiation) – guider vers un consensus	– secrétaire au tableau (ou affiche) ; les autres lisent – recherche des convergences et des différences – discussion en classe entière – définition d’un problème de physique commun (en termes de grandeurs, de concepts et formulation d’hypothèses)
Titre 2^e phase	Résolution du problème commun	
2 ^e Phase Travail en groupe	– faire résoudre le problème – personne ressource	– résolution
2 ^e Phase Restitution classe entière	– contrôle et validation	– résultats – conformation aux hypothèses
Titre 3^e phase	Institutionnalisation (Retour sur la méthode)	
3 ^e Phase Questionnement personnel	– institutionnalisation – introduction du vocabulaire – ouverture « Qu’est-ce que la démarche scientifique ? »	– retour sur le résultat ouverture – retour sur la méthode – trace écrite

Le découpage en différentes phases est organisé « *par rapport à des types d’activités intellectuelles et non par rapport à des résultats intermédiaires* » (Dumas-Carré & Goffard, 1997).

Les phases de recherche et de production sont des élaborations entre pairs, avec communication des idées individuelles et donc avec confrontation des points de vue. Le travail en équipe donne, de plus, une image de la pratique scientifique aux élèves. Les connaissances sont construites à partir des interactions entre élèves et elles sont validées à un moment donné de l’histoire du groupe classe.

travail en équipe
image
de la pratique
scientifique

c) Communication

Le découpage de l'activité de résolution de problèmes en phases permet notamment à chaque groupe d'élèves de présenter le résultat de ses travaux au reste de la classe par l'intermédiaire d'un porte-parole présent au tableau. Cette communication est suivie d'un échange des points de vue et d'une discussion.

Les résultats des recherches sont partagés avec les autres équipes. Ceci montre que le produit de la recherche se partage et se discute. La communication scolaire est ici considérée comme un moyen que se donnent les différents partenaires pour réaliser la tâche proposée à l'ensemble du groupe classe. La connaissance est un processus de construction nécessitant une communication et une validation entre les individus. Le rôle du professeur est fondamental dans cette phase de travail, notamment dans la gestion des processus de négociation accompagnant la recherche de significations partagées.

partage
entre équipes
des résultats
de recherche

d) Rôles du professeur

Par rapport à une situation coutumière où la tâche proposée aux élèves est très cadrée, le rôle de l'enseignant change profondément en classe mais aussi dans la façon de préparer la séance.

Dans les travaux en petits groupes, il agit comme un guide ou une ressource à la demande et peut ainsi être considéré comme un tuteur. Dans les discussions en classe entière, il est animateur et il assure une fonction d'institutionnalisateur en fin de séance (le professeur sait et dit ce qui est conforme à la physique, c'est lui le représentant de la communauté scientifique). Dans ces deux rôles, les processus de négociation, de partage de significations et de validation sont essentiels : le professeur est alors médiateur.

le professeur :
tuteur
et/ou médiateur

La préparation de la séance nécessite de la part de l'enseignant une double expertise : celle du physicien-chimiste et celle du didacticien. D'une part, le professeur doit choisir la tâche à proposer aux élèves par rapport aux objectifs d'apprentissage visés. D'autre part, le professeur doit anticiper les réactions éventuelles des élèves, les propositions, les incompréhensions et les difficultés possibles. Il lui faut analyser ces difficultés en termes de préconceptions et/ou de modes de raisonnement spontanés. Cette anticipation permet alors de prévoir des arguments, des exemples et des contre-exemples à utiliser en classe.

double expertise
nécessaire :

celle du
physicien-chimiste

celle du didacticien

e) Nécessité ou non de la recherche d'un consensus

Le consensus sur la question à traiter et sur le choix de la modélisation, ce que nous appellerons la problématisation, est important pour traiter le même problème de façon à permettre un réel apprentissage. Par contre, des représentations différentes de la situation problématique initiale peuvent entraîner des hypothèses différentes (c'est en fait l'expression des conceptions qui a lieu). Il en est de même pour

les stratégies de résolution envisagées ainsi que le traitement du problème qui peuvent être différents d'un groupe à l'autre.

f) Nécessité de langages intermédiaires

du langage courant
au langage
scientifique

Pour passer du référent empirique au registre des modèles physiques, le recours à des systèmes symboliques ou à des langages intermédiaires s'avère nécessaire. En effet, l'apprentissage des *sciences physiques* consiste, entre autres, à passer d'une description des objets et des phénomènes dans un langage courant à une description en termes de concepts de physique et de chimie. C'est lorsque les concepts sont construits par les élèves que les termes scientifiques utilisés prennent véritablement du sens et deviennent un langage partagé.

Dans les activités de résolution de problèmes, le recours à des langages intermédiaires (de véritables aides cognitives) s'avère particulièrement important dans la phase de représentation du problème par les élèves. Il leur permet de communiquer et donc d'échanger autour de leurs conceptions.

5. COMPARAISON DES DEUX DISPOSITIFS DIDACTIQUES

Nous comparons les points de vue épistémologiques, psychologiques et didactiques sur lesquels s'appuient les deux dispositifs didactiques présentés.

5.1. Principales caractéristiques

situation-problème
et *problème ouvert*

caractéristiques
communes
et différence

De par sa construction, une *situation-problème* est donc parfaitement cadrée : elle ne peut être confondue avec un *problème ouvert* (Robardet, 2001). En effet, l'espace de liberté apparaît plus important dans l'activité de résolution de *problème ouvert*. De même, la place prépondérante occupée par l'activité expérimentale dans la *situation-problème* ne permet pas de confondre les deux types de dispositifs. Mais *situation-problème* et situation problématique ouverte partagent plusieurs caractéristiques.

5.2. Cadres théoriques – Discussion

Les activités des élèves décrites ci-dessus peuvent ainsi être rapprochées de la recherche scientifique. Elles comportent en effet trois éléments :

activités des élèves
proches
de la recherche
scientifique...

- une tâche à effectuer, un problème à résoudre ;
- un travail en équipe ;
- la communication des résultats des recherches aux autres équipes.

Le premier élément est l'occasion de faire développer certaines activités cognitives par les élèves comme la représentation de la situation, l'émission d'hypothèses et la modélisation du

Document 3. Caractéristiques des deux dispositifs didactiques

Caractéristiques	Situation-problème	Problème ouvert
Énoncé	Situation décrite en terme de physique et/ou situation expérimentale réelle Question énoncée en termes de physique	Vocabulaire plutôt quotidien Situation décrite en termes de phénomènes et d'objets Question en terme d'événement ou de phénomènes
Cadre de l'étude	Modélisation à construire	Pas de grandeurs physique Pas de données Modélisation à construire
Résolution	Recours à l'expérience Unicité de la solution	Papier-crayon Plusieurs solutions possibles Plusieurs résolutions possibles
Objectifs d'apprentissage	Franchissement d'un obstacle épistémologique ou didactique souvent fondé sur la présence d'une ou plusieurs conceptions Processus de modélisation Apprentissage d'une démarche scientifique	Apprentissage d'une démarche scientifique Processus de modélisation Apprentissage conceptuel

...répondant
à des conditions
psychologique,
didactique et/ou
épistémologique

problème. Il répond ainsi à une condition psychologique (un point de vue constructiviste sur l'apprentissage) mais aussi à une condition didactique (la prise en compte des conceptions initiales et la mise en échec éventuelle des théories alternatives des apprenants). Une différence apparaît cependant au niveau de l'énoncé ou de la situation de départ : la représentation de la situation est probablement moins divergente chez les élèves face à une monstration que dans le cas d'un *problème ouvert* papier-crayon où l'intermédiaire du langage peut entraîner de grandes différences.

Le second élément donne la possibilité aux élèves de travailler à plusieurs. Il donne ainsi une image de la pratique scientifique aux apprenants. Il s'agit ici d'une condition épistémologique liée à la pratique de référence. De plus le travail à plusieurs permet aux élèves de construire des connaissances dans les interactions. Il s'agit alors d'une seconde condition psychologique : un point de vue socioconstructiviste sur l'apprentissage.

Le dernier élément répond lui aussi à une double condition épistémologique et psychologique. D'une part, le produit de la recherche d'une équipe se partage avec l'ensemble de la communauté scientifique. D'autre part, la connaissance est un processus de construction qui nécessite une communication et une validation entre les individus.

• **Épistémologie**

abandonner
la vision inductiviste
pour l'approche
hypothético-déductive

Les dispositifs étudiés s'appuient sur certaines idées contemporaines concernant l'épistémologie des sciences. Ainsi, l'étude des rapports entre théorie et faits d'observation a amené les épistémologues contemporains à abandonner une vision inductiviste de la démarche scientifique pour une approche hypothético-déductive. Cet aspect est bien pris en compte dans la *situation-problème* comme dans la situation problématique ouverte. De même, l'idée de distinction entre la réalité objective et les théories scientifiques (ces dernières apparaissant comme des discours sur les phénomènes) est présente dans les deux dispositifs. De plus, les connaissances scientifiques sont définies au sein d'une communauté scientifique et elles ne sont validées qu'à un moment donné de l'histoire de cette communauté. Les modèles élaborés ont donc un caractère révisable, mais l'histoire des sciences nous a montré que ces changements ne sont pas gratuits et qu'ils sont liés à un changement de questionnement pour rendre compte de nouveaux phénomènes (6). Ce dernier aspect apparaît particulièrement présent dans la *situation-problème*.

• **Psychologie**

socioconstructivisme

Nous avons vu que la *situation-problème* emprunte un certain nombre d'éléments à la théorie piagétienne. Mais si le travail en groupe des élèves est développé, alors le cadre socioconstructiviste est à prendre en compte. C'est d'ailleurs ce dernier qui est privilégié dans l'activité de résolutions de problèmes ouverts où les interactions entre élèves conduisent ces derniers à construire des connaissances (passage de l'interpsychique à l'intrapsychique).

• **Didactique**

stratégies orientées
vers la construction
du sens
par les élèves

Les recherches sur les stratégies orientées vers le changement conceptuel des apprenants sont développées en didactique des sciences du monde anglo-saxon au monde francophone, en passant par le monde hispanique. Plusieurs modèles ont été proposés, des premières approches par Posner (1982) ou Resnick (1989) aux modèles de Gil-Pérez (1993) ou de Chi *et al.* (1994) ou encore celui de Fabre & Orange (1997).

Les deux dispositifs étudiés dans cet article sont à rattacher à ces recherches de stratégies orientées vers la construction du sens par les élèves. Gil-Pérez (1993) considère que la stratégie de changement conceptuel est sérieusement limitée si elle n'est pas associée au changement méthodologique et épistémologique. D'où la proposition de recourir à des situations problématiques ouvertes.

(6) Nous pensons aux obstacles épistémologiques de Bachelard (1938) et à l'idée de révolutions scientifiques au sens de Kuhn (1971).

des dispositifs
qui comportent
des limites

dont la portée réelle
devrait être évaluée
en contexte
scolaire

qui entraînent
une rupture
avec la coutume
didactique

Fabre (1999) attire l'attention sur certaines limites de ces dispositifs. Il note que le changement conceptuel demeure un processus complexe et donc difficile à gérer. Par exemple, la relation entre conceptions et obstacles est à considérer de près. Astolfi & Peterfalvi (1993) indiquent à ce propos que la relation biunivoque *conception-obstacle* n'est pas toujours vraie. Une conception peut renvoyer à plusieurs obstacles ou un obstacle peut renvoyer à plusieurs conceptions. D'autres facteurs influant sur le changement conceptuel sont étudiés par les didacticiens des sciences : le conflit cognitif, le conflit sociocognitif ou encore l'utilisation du débat scientifique en classe (Johsua & Dupin, 1989 ; Orange, 1998). Fabre note de plus que l'accent est trop mis sur la résolution des problèmes dans l'usage des *situations-problèmes* et pas assez sur la construction du problème. Or, apprendre, pour cet auteur, c'est problématiser. Il convient donc de « *distinguer la construction du problème de leur position ou de leur résolution. ...c'est pour des raisons à la fois épistémologiques et psychologiques que le déploiement de la problématisation doit être préféré, comme on l'a montré en didactique des sciences. Parce que les savoirs scientifiques valent ce que valent les problématiques dont ils émanent. Et que prendre la recherche pour pratique de référence, c'est essayer dans l'enseignement-apprentissage d'imiter cette construction. Mais aussi parce que, fondamentalement, apprendre concerne la région des problèmes ; leur position et définition. De sorte que la décision pédagogique est finalement de savoir si l'on va ignorer la problématisation privée de l'élève, la favoriser extérieurement par des dispositifs, ou essayer de la réguler en intervenant dans le processus même de construction ou de reconstruction des problèmes, sans toutefois faire le travail de l'élève à sa place.* »

À cet égard, il nous semble que le dispositif didactique *résolution de problèmes ouverts de physique* s'avère plus attentif à la construction du problème que le dispositif *situation-problème* et peut-être plus efficace en terme d'apprentissage. Des études comparatives complémentaires en contexte scolaire seraient nécessaires pour évaluer la portée réelle de ces deux outils didactiques.

Notons enfin que ces deux types de dispositif entraînent une certaine rupture avec la coutume (7). Dans le dispositif proposé, le maître n'est plus le seul à détenir le savoir puisque les savoirs des élèves sont utilisés et pris en compte par l'ensemble du groupe classe : il y a partage du savoir. De plus, l'enseignant n'est pas celui qui décide seul. Une partie des décisions est laissée à la charge des élèves : il y a partage du pouvoir. Ce nouveau dispositif peut donc déstabiliser non

(7) Nous faisons ici allusion au concept de coutume didactique développé par N. Balacheff (1988) pour caractériser certains aspects implicites du fonctionnement social des situations d'enseignement : « *La classe est une société coutumière* » régie par des pratiques établies par l'usage, et le plus souvent implicites.

seulement le professeur mais aussi les élèves lorsqu'il est utilisé en classe les premières fois. En effet, « *ce n'est plus l'élève qui s'adapte au contenu et à l'enseignant mais c'est l'enseignant qui, partant des connaissances que possède l'élève, va l'aider à prendre conscience du domaine de validité de celles-ci, et le conduire à en acquérir de nouvelles* » (Goffard, 1992).

6. CONCLUSION

dans cette étude,
deux dispositifs
didactiques
parmi d'autres

Nous avons vu que le problème de physique (problème de science) devait être distingué du problème de la vie courante (problème naturel) et du problème utilisé en classe de physique (problème didactique). De plus, les utilisations classiques mélangeant évaluation et apprentissages conduisent à proposer (par exemple) deux dispositifs où le problème de physique occupe une place particulière : la *situation-problème* fonctionnant comme une alternative au cours lui-même ; la situation problématique ouverte comme une alternative au problème classique.

D'autres types de dispositifs reposant sur l'hypothèse socio-constructiviste (démarche d'investigation, construction de problème, activité de modélisation,...) existent dans le domaine de l'enseignement des sciences et participent à la construction du sens par les élèves.

organisés autour
du concept clé
de problème
de physique

La situation-problème et l'activité de résolution de problème ouvert sont deux exemples de dispositifs didactiques partageant le même point de vue sur l'apprentissage des sciences (hypothèse socioconstructiviste) et sur le fonctionnement actuel de la science (épistémologie contemporaine). Même si les activités mise en œuvre avec les élèves s'appuient sur des concepts didactiques différents dans les deux cas (la situation au sens de Brousseau pour le premier et la pratique sociale de référence pour le second) le concept clé est bien le problème de physique. Celui-ci apparaît comme le moteur de la progression scientifique (Popper, 1973).

Si l'on considère que la physique et la chimie sont non seulement définies par un ensemble d'énoncés mais aussi par un ensemble d'activités intellectuelles (notamment les activités de modélisation), s'approprier ces domaines c'est aussi s'approprier leurs modes de pensée et leurs langages. Or, ceux-ci présentent une forte spécificité. Le langage scientifique se distingue en particulier du langage naturel par des systèmes de codage (logicomathématique notamment) et de représentation.

L'enseignement habituel s'intéresse essentiellement à l'ensemble des énoncés. Si l'on veut aussi que les élèves s'approprient les activités intellectuelles, un travail sur le partage des significations de ce langage s'avère nécessaire

dans les activités en classe. De même, un travail sur les modes de raisonnement propres aux sciences expérimentales doit être envisagé. Les activités de modélisation, qui permettent aux élèves de distinguer les phénomènes étudiés des concepts scientifiques, prennent tout leur sens. Les activités de résolution de problèmes ou les *situations-problèmes*, qui familiarisent les élèves avec les démarches de type scientifique, sont aussi à privilégier.

repenser la place
du professeur
et des élèves
dans les situations
de classe

Ces types d'activités amènent à repenser la place du professeur et des élèves dans les situations de classe. En effet, les élèves disposent en arrivant en classe de systèmes de représentations du monde et de connaissances plus ou moins éloignées des connaissances scientifiques (de véritables « théories naïves »). Les interactions didactiques devraient les amener, comme dans les activités scientifiques, à retraduire, ré-interpréter, re-formuler ces connaissances. Il s'agit de concevoir des activités où « *à partir des connaissances que possède l'élève, l'amener à prendre conscience du domaine de validité de celles-ci et à en acquérir de nouvelles* » (Goffard, 1992).

travail
sur la construction
de problème
et apprentissage
de la physique

Le travail sur la construction de problème par les élèves en physique pourrait ainsi devenir une vraie situation d'apprentissage si les enseignants prenaient conscience des choix bien souvent implicites auxquels ils ont recours. En particulier, ces types de séance d'enseignement-apprentissage s'appuient sur le partage du pouvoir et le partage du savoir (Goffard & Dumas-Carré, 1993). Avant de mettre en place une telle activité, il faut préciser ce qui sera à la charge des élèves et ce qui sera de la responsabilité du professeur dans les interactions didactiques.

Jean Marie BOILEVIN
UMRADEF IUFM Aix-Marseille
Université de Provence – INRP
jm.boilevin@aix_mrs.iufm.fr

BIBLIOGRAPHIE

ARSAC, G., GERMAIN, G. & MANTE, M. (1988). *Problème ouvert et situation-problème*. Villeurbanne : IREM, université Lyon 1.

ASTOLFI, J.-P. (coord). (1985). *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. Paris : INRP.

ASTOLFI, J.-P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y. & TOUSSAINT, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : De Boeck.

ASTOLFI, J.-P., PETERFALVI, B. & VERIN, A. (2001). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.

BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.

BALACHEFF, N. (1988). Le contrat et la coutume, deux registres des interactions didactiques. In *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique (Lumigny)*. Grenoble : La Pensée sauvage.

BOILEVIN, J.-M. (2000). *Conception et analyse du fonctionnement d'un dispositif de formation initiale d'enseignants de physique-chimie utilisant des savoirs issus de la recherche en didactique : un modèle d'activité et des cadres d'analyse des interactions en classe*. Thèse de doctorat. Université de Provence.

BOILEVIN, J.-M. & DUMAS-CARRÉ, A. (2001). Un modèle d'activité de résolution de problèmes de physique en formation initiale d'enseignants. *Aster* 32, 63-90.

BROUSSEAU, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherche en didactique des mathématiques*, vol 7, 2, 33-115.

BROUSSEAU, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

CHALMERS, A.-F. (1987). *Qu'est-ce que la science ?* Paris : La découverte.

CHI, M.-T.-H., FELTOVICH, P.-J. & GLASER, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science* 5 (2), 121-152.

CHI, M.-T.-H., SLOTTA, J.-D., & DE LEEUW, N. (1994). From things to process : a theory for conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction* 4, 27-43.

CORNU, L. & VERGNIoux, A. (1992). *La didactique en questions*. Paris : Hachette.

DE VECCHI, G. (2004). *Une banque de situations-problèmes tous niveaux*. Paris : Hachette.

DE VECCHI, G. & CARMONA-MAGNALDI, N. (1996). *Faire construire des savoirs*. Paris : Hachette.

DE VECCHI, G. & CARMONA-MAGNALDI, N. (2002). Faire vivre de véritables situations-problèmes. Paris : Hachette.

DUMAS-CARRÉ, A., CAILLOT, M., MARTINEZ-TORREGROSSA, J. & GIL-PEREZ, D. (1989). Deux approches pour modifier les activités de résolution de problèmes en physique dans l'enseignement secondaire : une tentative de synthèse. *Aster* 8, 135-157.

DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. & GIL-PEREZ, D. (1992). Difficultés des élèves liées aux différentes activités cognitives de résolution de problèmes. *Aster* 14, 53-75.

DUMAS-CARRÉ, A. & GOFFARD, M. (1992). Utiliser des problèmes papier/crayon ? Oui, mais autrement. *Bulletin de la Société Française de Physique*, 87, 17-20.

DUMAS-CARRÉ, A. & GOFFARD, M. (1993). Des activités de résolution de problèmes pour l'apprentissage. *Les sciences de l'éducation* 4, 9-32.

DUMAS-CARRÉ, A. & GOFFARD, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique. Concepts et démarches*. Paris : Armand Colin.

FABRE, M. (1999). *Situations-problèmes et savoirs scolaires*. Paris. Presses universitaires de France.

FABRE, M. & ORANGE, C. (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster* 24, 37-58.

FURIO-MAS, C.-J., ITURBE-BARRENETXEA J. & REYES-MARTIN J.-V. (1994). La « résolution de problèmes comme recherche » : une contribution au paradigme constructiviste de l'apprentissage des sciences. *Aster* 19, 87-102.

GIL-PEREZ, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster* 17, 41-64.

GOFFARD, M. (1992). Partager le savoir, partager le pouvoir. *Science et Vie Hors série*, 180, 84-89.

GOFFARD, M., & DUMAS-CARRÉ, A. (1993). Le problème de physique et sa pédagogie. *Aster* 16, 9-28.

JOHSUA, S. & DUPIN, J.-J. (1989). *Représentations et modélisations : le « débat scientifique » dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.

JOHSUA, S. & DUPIN, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, Presses universitaires de France.

KUHN, T.S. (1971). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.

LARKIN, J.-H. & REIF, F. (1979). Understanding and learning problem solving in physics. *European Journal of Science Education* 1, 191-203.

LEVY-LEBLOND, J.-M. (1996). *La pierre de touche. La science à l'épreuve...* Paris : Gallimard.

MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

- MARTINAND, J.-L. (Éd.) (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- MEIRIEU, P. (1988). *Apprendre... oui, mais comment ?* Annexe 1 : Guide méthodologique pour l'élaboration d'une situation-problème. Paris : ESF.
- NEWELL, A. & SIMON, H.-A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs. New jersey : Prentice Hall.
- ORANGE, C. (1998). Débats scientifiques dans la classe et espaces-problèmes. *Actes du 2^e colloque international Recherches et formation des enseignants*. IUFM de l'académie de Grenoble.
- POCHET, B. (1995). Le « Problem-Based Learning » une révolution ou progrès attendu. *Revue Française de Pédagogie* 111, 95-107.
- POPPER, K. (1973). *La logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot.
- POSNER, G.-J., STRIKE. K.A., HEWSON, P.W. & GERTZOG. W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66 (2), 211-227.
- RESNICK, L. (1989). Les approches pédagogiques et les conceptions conflictuelles. In N. Bednarz et C. Garnier (Dir.) (pp. 268, 276). *Construction de savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa : Cirade.
- RICHARD, J-F. (1990). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin.
- ROBARDET, G. (1990). Enseigner les sciences physiques à partir des situations-problèmes. *Bulletin de l'Union des Physiciens* 720, 17-28.
- ROBARDET, G. (1995). Situations-problèmes et modélisation ; l'enseignement en lycée d'un modèle newtonien de la mécanique. *Didaskalia* 7, 129-143.
- ROBARDET, G. (1997). Le jeu de résistors : une situation visant à ébranler des obstacles épistémologiques en électrocinétique. *Aster* 24, 59-80.
- ROBARDET, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'Union de Physiciens* 836, 1173-1190.
- WEIL-BARAIS, A. (1993). *L'homme cognitif*. Paris : PUF.

PROBLÈMES COMPLEXES FLOUS EN ENVIRONNEMENT ET PENSÉE RÉFLEXIVE D'ÉLÈVES DU SECONDAIRE

Rodolphe M. J. Toussaint
Marie-Hélène Lavergne

L'étude a été conduite avec des élèves du secondaire (16-17 ans) inscrits dans un programme d'éducation pour l'environnement. Ces élèves ont été confrontés à des problèmes complexes flous [ill structured problems], ISP, choisis dans le domaine de la biodiversité. Il s'agit de problèmes qui ne sont pas définis avec certitude et pour lesquels il n'existe pas de solution unique. En pareil cas, on tend à considérer le problème comme résolu après identification d'une solution qui clôt temporairement la situation. Les résultats nous permettent de valider le modèle décrit par Patricia King et Karen Kitchener, et de le rapprocher des propositions de Gaston Bachelard.

1. INTRODUCTION

raisonnement
des adolescents
confrontés...

La progression scientifique et technologique se fait à un tel rythme que chaque citoyen doit régulièrement actualiser ses connaissances et se les approprier. Il se doit de comprendre l'environnement naturel, social et économique afin d'être autonome et de développer sa capacité à communiquer en utilisant une argumentation cohérente. Il est important que ces futurs citoyens sachent traiter l'information reçue de façon à pouvoir réaliser des choix judicieux et à prendre des décisions éclairées.

...à des problèmes
complexes flous

Diverses études sur le mode de raisonnement révèlent que les adolescents développent des stratégies particulières pour l'acquisition de compétences leur permettant de juger, d'apprécier et d'argumenter face à des problèmes complexes (Zimmerman, 2000 ; Kuhn, 2001 ; Pauen & Wilkening, 1997). Certaines études font état de l'argumentation proposée (Simonneaux, 2001, 2002) ou du mode de prise de décision face à des sujets controversés (socio-scientific issues) (Kolstø, 2001 ; Sadler *et al.* 2004). Nous avons entrepris d'étudier le raisonnement d'adolescents confrontés à des *problèmes complexes flous*, ISP [ill-structured problems] tout à fait différents des situations controversées étudiées par les auteurs précédents. Notre étude se situe particulièrement dans la lignée des travaux de Kuhn *et al.* (1988 a, 1998 b) et Sternberg (1999) sur le développement d'habiletés de raisonnement et de Perner (1991) sur la conceptualisation et la représentation.

Un ensemble d'études a été réalisé dans le cadre d'un programme subventionné de recherches (1) sur les représentations des sciences et de la technologie chez des élèves de divers

(1) Le programme de recherche, *La relève scientifique en Mauricie et Centre du Québec : une étude sur la perception des sciences et de la technologie*, dirigé par Rodolphe Toussaint, a été soutenu par une subvention du Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (Projet 00-RS-1005).

modèle
de King & Kitchener

niveaux. L'étude présentée dans cet article a été réalisée avec 32 élèves de 16-17 ans suivant un programme d'études en environnement et développement durable (Samson *et al.* 1998) dans une école secondaire du Québec. Les élèves y étudient des concepts liés à des situations complexes touchant des problèmes environnementaux ; ils cherchent les solutions qui leur semblent les plus adaptées à chaque situation. Ce programme leur fait découvrir de nouvelles démarches d'investigation. Ils pourront ainsi prendre conscience de situations qui posent problème dans leur environnement immédiat ou dans la biosphère en général, élucider les causes ou les éléments à l'origine du problème et déterminer les moyens possibles de les résoudre.

Le modèle du jugement réflexif proposé par Patricia King et Karen Kitchener (1994) a été retenu pour l'analyse des résultats de la résolution des problèmes par ces élèves. Ces auteurs se sont inspirés des travaux empiriques de Fischer (Fischer & Silvern, 1985) et de l'œuvre du philosophe John Dewey (1930, 1933) selon lesquels la *pensée réflexive* est seulement initiée au vu d'un problème réel et qui ne peut être résolu par la seule logique. Le recours à la pensée réflexive aurait lieu lorsqu'une situation fait réellement problème et engendre une controverse. Le problème ne sera considéré comme résolu qu'après identification d'une solution qui met temporairement fin à la situation.

2. CADRE THÉORIQUE

2.1. Modèle du jugement réflexif

éduquer
au raisonnement

La *pensée réflexive* se distingue des autres formes d'opérations cognitives parce qu'elle implique pour l'individu d'abord « un état de doute, d'hésitation, de perplexité, de difficulté mentale, desquelles provient la pensée », puis « une action de recherche, d'investigation, afin de se doter d'instruments de résolution du doute, de se stabiliser et de se débarrasser de l'état d'incertitude » (Dewey, 1933, p. 12).

Par ailleurs, la pensée réflexive constitue une facette importante du développement de la personne. Cela nous a incités à vérifier si des élèves sensibilisés à l'éducation pour l'environnement développent cette habileté de pensée. Éduquer l'élève au raisonnement est essentiel puisqu'il apprend ainsi à s'émanciper et « à lutter contre les obstacles », devenant « capable d'orienter ses activités avec discernement et de les planifier en fonction de la finalité voulue » (p. 17). L'élève s'approprie le problème qu'il affronte en se questionnant sur « sa propre conception de la connaissance et de l'apprentissage afin de porter des jugements qui soient le résultat d'un raisonnement adéquat » (Dewey, 1930).

Cette définition de la pensée réflexive proposée par Dewey sous-tend le modèle du jugement réflexif de King et Kitchener qui comporte sept prémices épistémiques (*stages* en anglais) de la

connaissance et de l'acquisition de la connaissance. Ces pré-mices sont regroupées selon trois catégories de raisonnement : la pensée pré-réflexive, la pensée quasi-réflexive et la pensée réflexive (King & Kitchener, 1993, 1994 ; cf. tableau 1 ci-dessous).

Tableau 1. Niveaux de jugement réflexif selon King & Kitchener

Pensée pré-réflexive	
<u>Niveau 1</u>	<p>Vision de la connaissance : Elle existe de façon absolue et concrète. Elle peut être obtenue avec certitude par observation directe. Aucune distinction entre un fait et un jugement.</p> <p>Justification des croyances : Elles ne sont pas remises en question, puisqu'il existe une absolue correspondance entre ce qui est considéré comme vrai et ce qui est vrai. Aucune croyance alternative n'est entrevue à ce stade.</p>
<u>Niveau 2</u>	<p>Vision de la connaissance : Elle est certaine mais pas immédiatement disponible (connue de tous). La connaissance peut être obtenue par observation directe ou à partir de figures d'autorité (enseignants, parents). La connaissance est détenue par des spécialistes et ceux qui pensent de façon contraire ont tort.</p> <p>Justification des croyances : La seule justification possible vient des experts. La plupart des problèmes sont censés avoir une vraie solution, ce qui ne laisse pratiquement aucune place pour d'éventuels conflits lors des prises de décisions.</p>
Pensée quasi réflexive	
<u>Niveau 3</u>	<p>Vision de la connaissance : Elle est certaine ou temporairement incertaine. L'absolue certitude est définie par des experts, figures d'autorité qui détiennent cette connaissance. Lorsqu'elle est incertaine, les croyances personnelles prévalent, jusqu'à ce qu'une connaissance absolue soit obtenue.</p> <p>Justification des croyances : lorsque la réponse à un problème existe, les croyances sont justifiées par la vision des autorités. Lorsque la réponse n'existe pas, les croyances sont défendues comme étant des opinions personnelles car le lien avec les preuves n'est pas clair.</p>
<u>Niveau 4</u>	<p>Vision de la connaissance : Elle est incertaine, abstraite et n'est pas limitée à des cas concrets. Elle est <i>idiosyncrasique</i>, particulière à chaque individu, car elle possède toujours des éléments d'ambiguïté (report incorrect de données, données qui se perdent avec le temps, disparité dans l'accès à l'information).</p> <p>Justification des croyances : Aucune différence qualitative entre l'opinion d'un expert et la leur, pas plus que pour les opinions respectives des experts. Il faut une preuve hors de tout doute venant d'une autorité. Aucun lien entre une preuve et une conclusion. Tendance à rechercher la preuve qui supportera la croyance initiale. Signe d'opiniâtreté, l'opinion contraire à la leur est considérée soit comme erronée soit comme inadéquate.</p>
<u>Niveau 5</u>	<p>Vision de la connaissance : Elle est contextualisée et subjective et subit le filtre des perceptions. Aucune connaissance ne peut être certaine, seule l'interprétation des preuves peut être connue.</p> <p>Justification des croyances : Les croyances sont justifiées à l'intérieur d'un contexte particulier ou selon une perspective donnée.</p>
Pensée réflexive	
<u>Niveau 6</u>	<p>Vision de la connaissance : Elle est construite par comparaison entre différentes sources, entre différents contextes.</p> <p>Justification des croyances : Elles proviennent de la comparaison entre les preuves et les opinions issues de différentes perspectives d'un problème ou grâce à différents contextes et en construisant une solution évaluée par des critères tels le poids de l'argument, l'utilité de la solution et le besoin pragmatique d'action.</p>
<u>Niveau 7</u>	<p>Vision de la connaissance : La connaissance est le résultat d'un processus d'investigation, elle est probabiliste et généralisable.</p> <p>Justification des croyances : Les croyances sont justifiées de façon probabiliste. Les conclusions sont défendues comme représentant la plus complète et la plus plausible compréhension d'une situation sur la base des preuves disponibles.</p>

fondements
du modèle
du jugement réflexif

Le développement d'habiletés de pensée chez l'élève repose sur l'élaboration d'un raisonnement soutenu par une argumentation solide et des données validées antérieurement. Cette capacité de réflexion articulée est, sans contredit, essentielle pour percevoir les liens subtils entourant une question et trouver les meilleures solutions possibles à diverses situations problèmes. Les principaux fondements du modèle de jugement réflexif sont : le mode de perception de la connaissance par l'individu et le mode de justification des croyances.

Chaque niveau est caractérisé par un réseau de croyances à forte cohérence interne. Ce modèle passe d'abord par la pensée préréflexive, où l'individu perçoit la connaissance comme étant absolue et concrète. Vient ensuite la pensée dite quasi-réflexive selon laquelle la connaissance est perçue comme étant absolument certaine ou temporairement incertaine. Finalement, une véritable pensée réflexive est caractérisée par l'individu qui perçoit la connaissance comme étant le résultat d'une investigation.

évolution de l'esprit
scientifique :
état concret
état concret-abstrait
état abstrait

Certaines similitudes peuvent être établies entre la description bachelardienne du développement de l'esprit scientifique (Bachelard, 1972) et les niveaux du jugement réflexif élaborés par King et Kitchener (1994) à partir de l'œuvre de Dewey. Bachelard dépeint cette évolution de l'esprit scientifique selon trois états : l'état *concret*, l'état *concret-abstrait* et l'état *abstrait*. Dans l'état *concret*, l'observation première guide la compréhension du phénomène : « *l'esprit s'amuse des premières images du phénomène et s'appuie sur une littérature philosophique glorifiant la Nature, chantant curieusement à la fois l'unité du monde et sa riche diversité* ». À l'état *concret-abstrait*, la connaissance repose sur des intuitions et non des preuves : « *l'esprit adjoint à l'expérience physique des schémas géométriques et s'appuie sur une philosophie de la simplicité* » (p. 8). L'esprit scientifique se caractériserait par l'état *abstrait*, où « *l'esprit entreprend des informations volontairement soustraites à l'intuition de l'espace réel, volontairement détachées de l'expérience immédiate et même en polémique ouverte avec la réalité première, toujours impure, toujours informe* » (p. 8). Dans cet état *abstrait*, le savoir est constamment remis en question ; il est une reconstruction des connaissances qui permettent d'interpréter le monde. Pour l'esprit scientifique, « *toute connaissance est une réponse à une question* ».

obstacles
épistémologiques
et fantômes
de Bacon

L'évolution de l'esprit scientifique serait par ailleurs ralentie par la présence d'obstacles épistémologiques. Ces obstacles ou contre-pensées peuvent être constitués, par exemple, par des mots qui possèdent plusieurs significations et sont rattachés à plusieurs concepts.

Des analogies se retrouvent aussi entre les caractéristiques de ces obstacles épistémologiques qui, pour Bachelard, constituent des entraves au développement de l'esprit scientifique, ce que Dewey décrit comme les blocages au jugement ou *fantômes de Bacon* [*Causes of bad thinking : Bacon's idols*] (1933, p. 25).

2.2. Problèmes complexes flous sur la biodiversité

biodiversité :
un thème riche
en situations
complexes...

Nos préoccupations environnementales nous incitent à considérer des questions comportant de multiples facettes. Pour se former une opinion éclairée et prendre position, une compréhension des différents concepts qui composent ces questions est nécessaire. La pensée réflexive peut jouer un rôle important soit dans la participation du citoyen à la prise de décisions éclairées lorsqu'il assiste, par exemple, au conseil municipal ou aux audiences du *Bureau des audiences publiques en environnement* (BAPE), soit simplement pour se former une opinion sur un sujet éthique tel que la recherche sur les organismes génétiquement modifiés.

...suscitant
controverses
et doutes

Parmi les thématiques environnementales, celle de la biodiversité nous est apparue comme un bon choix puisqu'elle regorge d'informations en constante évolution et que, par conséquent, la stabilité de nos choix et de nos décisions peut être remise en question en fonction de l'émergence de nouvelles données. Les problèmes étudiés sont de l'ordre des *problèmes complexes flous* c'est-à-dire des situations complexes à multiples solutions. Ces problèmes moins bien définis suscitent controverse et doute et constituent des situations où certaines des composantes, sinon toutes, sont incertaines (Zimmerman, 2000).

Les contours des *problèmes complexes flous* sont peu définis puisqu'il n'est pas toujours possible d'obtenir toute l'information nécessaire pour aboutir à une solution avec un haut degré de certitude. Lors de la résolution de ces problèmes, plusieurs solutions peuvent être proposées et, s'il y en a, il est difficile d'évaluer ou de prédire les conséquences de la mise en application de l'une de ces solutions (King & Kitchener, 1993). De plus, dans ce type de problèmes, il arrive que les experts ne s'entendent pas au sujet de la meilleure solution à adopter, et ce, même si la situation problème est considérée comme résolue (King & Kitchener, 1994). Dans les circonstances, il s'agit de trouver la meilleure solution possible avec les données disponibles, tout en tenant compte du contexte au moment de la prise de décision.

dégager
les solutions
pour résoudre
temporairement
le problème
complexe flou

Comparativement à des problèmes qui seraient bien définis, où la logique seule permet d'apporter l'unique réponse, généralement obtenue par consensus, reconnue par les experts, les *problèmes complexes flous* n'offrent pas de solution unique et incontestable. Il existe plutôt une multitude de solutions et le défi consiste à dégager celle qui répondra le mieux à la situation de façon à résoudre temporairement le problème.

L'approche suggérée par King et Kitchener vise le développement d'un jugement réflexif, résultat de l'interaction entre les habiletés conceptuelles de l'individu et l'entourage qui favorise ou inhibe l'acquisition de telles habiletés. Ainsi, en pratiquant un raisonnement qui l'amène à prendre position dans une situation complexe, l'élève se trouve en position de développer son jugement réflexif. L'amélioration de ses capacités réflexives

une caractéristique
de la situation
problème :

devrait lui assurer une plus grande autonomie de pensée dans sa vie quotidienne. Nous avons retenu le contexte environnemental, source importante de problèmes complexes, pour l'élaboration des cinq situations-problèmes qui répondent à plusieurs exigences du modèle de jugement réflexif de King et Kitchener (1994).

• *Situation problème*

Pour qu'il y ait problème, il doit exister une situation d'où l'on peut extraire des données. Une situation problème constituerait une énigme concrète à résoudre (Astolfi, 1993). Elle devrait permettre aux élèves d'émettre des hypothèses et des conjectures et offrir suffisamment de résistance pour qu'ils investissent leurs connaissances antérieures et leurs représentations ; Ainsi en arriveront-ils à un questionnement aboutissant à la construction de nouvelles idées. Fabre (2003) semble pourtant suggérer qu'il est impossible de construire un problème avant de l'avoir résolu.

l'absence
d'un répertoire
de solutions

Dans notre étude, nous avons considéré les situations problèmes selon la caractérisation qu'en a proposée Sternberg (1999). L'élève est confronté à des situations pour lesquelles il ne possède aucune solution immédiate dans un répertoire prédéfini. Il lui faut alors reconnaître le problème, le définir et se l'approprier, proposer un raisonnement et formuler des stratégies de résolution, faire appel à ses ressources cognitives, établir des mécanismes de vérification et d'évaluation de la solution (ou des solutions) proposée(s).

• *Complexité du concept de biodiversité*

un devoir
de l'humanité :
préserver
la diversité biologique

La biodiversité comprend toutes les variétés de formes de vie terrestre à divers niveaux d'organisation ainsi que leurs gènes et les multiples écosystèmes qu'ils forment. Cette variété de formes de vie est apparue au cours de millions d'années d'évolution. La diversité biologique peut diminuer lorsque la variation génétique d'une espèce diminue, lorsqu'une espèce est éteinte ou lorsqu'un écosystème complet est détruit (Wilson, 2002, pp. 79-102). La conservation de la biodiversité devrait être une priorité, puisqu'elle procure une abondance alimentaire et thérapeutique. Les espèces qui disparaissent emportent avec elles leurs secrets, sources de connaissances scientifiques importantes. En outre, la richesse de la biodiversité crée l'occasion de multiples activités touristiques, récréatives et culturelles. Un nouveau concept éthique émerge qui prône le droit à la survie des espèces végétales ou animales avec, pour corollaire, le devoir de l'humanité de préserver la diversité biologique (Ramade, 1999).

La conceptualisation du phénomène de la biodiversité exige pour l'élève des habiletés de pensée particulières qui peuvent relever du modèle de jugement réflexif de King et Kitchener (1994). Pour bien comprendre les grandes questions environnementales et leurs multiples enjeux mondiaux, les habiletés

acquérir
les habiletés
de pensée
réflexive...

de pensée réflexive sont essentielles. Leur acquisition permet à l'élève de devenir plus responsable et d'être en mesure de prendre une position éclairée en sélectionnant les renseignements pertinents à la situation et en jugeant de leur validité. Cette autonomie de pensée relève également de l'expertise développée dans la façon de raisonner, et peut être perçue comme une forme d'intelligence. Distinguons cependant l'intelligence des habiletés de pensée, en ce sens que ces dernières représentent une facette seulement de l'intelligence qui, elle, englobe beaucoup plus de facteurs (Sternberg, 1999 ; Okagaki & Sternberg, 1990).

Ainsi, le contexte dans lequel s'est déroulée cette activité nous a permis de faire réfléchir ces élèves à divers problèmes touchant au maintien de la biodiversité. Ce concept est suffisamment complexe pour rendre compte des sept niveaux de jugement réflexif du modèle de King et Kitchener (1994), ce qui nous offre l'occasion de mettre à l'épreuve ce modèle et de le valider.

3. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif de cette recherche était double :

- découvrir la façon dont les élèves raisonnent lorsqu'ils sont confrontés à des problèmes complexes flous,
- tenter une validation du modèle de jugement réflexif de King et Kitchener.

La recherche a été menée tout au long d'une année scolaire avec 32 élèves de 16-17 ans qui participent au projet *Concentration en environnement et développement durable* dans une école secondaire du Québec. Ce programme d'études, étalé sur trois ans, est choisi par des élèves démontrant manifestant un intérêt particulier pour l'environnement de même que des aptitudes dans le domaine des sciences.

...par la
confrontation
à cinq problèmes
sur le maintien
de la biodiversité

Pour exercer et vérifier les capacités de pensée réflexive des élèves du secondaire choisis pour la présente étude, nous avons élaboré une série de cinq situations problèmes sur le thème central du maintien de la diversité biologique et comportant des éléments qui suscitent une certaine controverse. Les cinq situations problèmes que l'on trouvera décrites en annexe sont :

- 1- La forêt boréale : une ressource naturelle illimitée ?
- 2- La nature a-t-elle besoin d'aide ?
- 3- Neuf milliards de personnes : est-ce possible ?
- 4- Le maintien de la biodiversité : les parcs nationaux sont-ils la solution ?
- 5- L'ours noir : la loi de la nature ou celle de l'homme ?

La collecte des données a consisté à recueillir par écrit le raisonnement des élèves pour chaque situation, de façon à garder des traces et à pouvoir les analyser selon des « procédures

systematiques et objectives de description du contenu des messages » (Bardin, 1993, p. 42). Les élèves disposaient d'une heure pour tenter de trouver une solution au problème proposé. Ils ne devaient pas discuter ou échanger entre eux et ils ne pouvaient pas sortir de la classe avant d'avoir complètement terminé. Ils étaient autorisés à poser des questions à la chercheuse uniquement s'il s'agissait de compréhension du texte. L'usage d'un dictionnaire était permis, bien que très peu d'élèves y aient eu recours.

codification
des unités
thématiques

Ces réflexions d'élèves sur les *problèmes complexes flous* ont été retranscrites puis analysés par les deux chercheurs pour être enfin codées par unités thématiques significatives, chaque unité présentant une idée principale. Étant donné la taille de l'échantillon et la quantité de matériel écrit, nous avons décidé qu'il valait mieux que le matériel ne soit codifié que par les deux seuls chercheurs. Une grande attention a été portée à l'argumentation des choix d'unités de sens, afin de contrebalancer l'influence de la posture épistémologique des chercheurs. Ces choix n'étaient nullement liés au nombre d'occurrences de l'unité dans les textes retranscrits, mais dépendaient plutôt du poids explicatif dans le texte complet.

cinq problèmes
autour du thème
de la diversité
biologique...

Des regroupements ont ensuite été faits selon des ensembles logiques et des relations ont été établies entre les diverses unités, entre ces unités et les phrases dont elles étaient extraites et entre les textes des divers élèves. Le logiciel d'analyse de données NUD*IST a aussi facilité la tâche, puisqu'il devenait assez simple de récupérer chacune de ces unités, après les avoir transférées dans la matrice, pour les comparer à la phrase ou au texte entier de chacun des élèves. Ce logiciel permet ensuite de réunir les unités de sens en nœuds catégoriels propices à des comparaisons et à une hiérarchisation de ces catégories. Chaque catégorie exprime un raisonnement qui se retrouve dans les solutions offertes aux différents problèmes. Cette forme de classification permet de positionner les catégories les unes par rapport aux autres et de les comparer (Savoie-Zajc, 2000). Les catégories émergentes de ces discours d'élèves, indicateurs de leur raisonnement, sont ensuite mis en parallèle avec les divers niveaux du modèle de la pensée réflexive de King et Kitchener.

La série de cinq problèmes construits sur le thème de la diversité biologique a été élaborée selon l'exemple de situation problème proposé par Friedman (2000) et s'inspire de ceux de King et Kitchener. Pour ces situations réelles, plusieurs solutions sont possibles et il est important que les élèves sachent qu'il n'existe pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Leur réflexion est alors teintée par leurs perceptions et leurs expériences respectives.

La suite de l'article présente les deux types de concepts qui ont émergé de cette analyse. Nous décrivons d'abord la première série de concepts qui nous permettent de mieux comprendre le mode de raisonnement utilisé par les élèves pour proposer

...pour lesquels
il n'existe pas
de réponse bonne
ou mauvaise

des solutions à ces problèmes liés à la biodiversité. Ces concepts sont réunis en deux grandes catégories : les sources de danger pour l'environnement et la protection de l'environnement.

La deuxième série de concepts fait suite à l'analyse de l'argumentation des élèves lorsqu'ils justifiaient comment ils en étaient arrivés à cette prise de position : l'expertise, l'environnement social, les préconceptions, l'idiosyncrasie, la vérité.

4. RÉSULTATS DE LA RECHERCHE : ANALYSE CATÉGORIELLE

4.1. Sources de danger pour l'environnement

quatre sources
de problèmes
pour l'environnement

Une des premières étapes de la démarche des élèves est la reconnaissance de l'existence du problème. Fanny (2) se questionne sur la gestion de la forêt boréale en ce qui concerne les différents types de coupes utilisées dans l'exploitation forestière : « *En voyant tous les dommages que causent les coupes qui sont mal gérées j'en suis venu à croire que on ne peut pas être certain que la gestion actuelle ne cause aucun danger à l'environnement.* » (3)

Ainsi, parmi les réponses des élèves, il nous a été possible de distinguer quatre grandes sources de problèmes susceptibles de mettre en péril la préservation de l'environnement. Ces différentes sources, potentiellement génératrices de problèmes environnementaux, sont représentées par les quatre sous catégories suivantes : les institutions, le manque de connaissances, les activités humaines et les limites de la nature.

• Institutions

Dans cette sous-catégorie, nous avons regroupé toutes les formes d'organisations identifiées comme étant responsables de problèmes de maintien de l'intégrité environnementale. Dans le problème sur la gestion de la forêt boréale, bon nombre d'élèves désignent plusieurs institutions.

Pour illustrer cette sous-catégorie, nous avons retenu ce que Stéphanie a dit sur le travail des ingénieurs forestiers :

« *J'ai la triste impression que les ingénieurs forestiers ne sont pas tout à fait honnêtes, qu'ils ont tendance à couper davantage que ce que la loi le permet* »

« *D'ailleurs, nous avons constaté que ces ingénieurs laissent seulement quelques lisières d'arbres sur le bord des routes pour donner l'impression qu'il y a une abondante végétation, tandis que quelques mètres plus loin, il n'y a aucune vie. Avec de tels faits, comment peut-on avoir réellement confiance en cette gestion ?* »

(2) Nous respectons l'anonymat des élèves en leur accordant un prénom fictif.

(3) Le texte utilisé par les élèves a été respecté dans son intégralité, mais les erreurs d'orthographe (très peu fréquentes) ont été corrigées car elles n'étaient pas prises en compte dans l'analyse.

Plusieurs élèves voient dans les compagnies forestières un danger pour le maintien de l'environnement ; les dirigeants des compagnies qui exploitent la forêt pour en extraire le bois ayant bien plus le profit monétaire en tête que la préservation de la forêt :

organisations
citées par les élèves
comme sources
de danger
pour l'environnement

« Les compagnies de pâtes et papier ne cherchent qu'à élargir leur marche et à produire plus et comme la forêt n'augmente pas (au point de vue du territoire) c'est certain qu'un jour on ne pourra plus aller chercher de matière. »

« Le plus inquiétant, c'est que les coupes ne sont généralement pas faites en fonction de la survie d'un écosystème. Ceux qui effectuent les coupes ne sont pas tous des environnementalistes ou des ingénieurs forestiers mais plutôt des compagnies qui ont pour but de faire de l'argent. »

« Nous ne pouvons être certains. Car lorsque les coupes sont effectuées, les compagnies visent l'argent et non la conservation des écosystèmes. Ils cherchent le profit maximum, et ce profit est représenté par le nombre d'arbres qui sont embarqués dans les camions. »

compagnies
forestières

Le gouvernement semble également, aux yeux de certains élèves, responsable de la mauvaise gestion forestière. Certains croient que les dirigeants cachent des renseignements précieux sur la façon dont la forêt est gérée, et ce manque de transparence de la part des institutions peut nuire à la pérennité de notre ressource naturelle.

« Sous la gestion actuelle de la forêt boréale se trouvent sûrement des cachotteries. Avec le système gouvernemental que nous avons, il n'est pas surprenant que certaines terres, qui auraient dû être conservées, soient entièrement coupées. » (Marie)

« L'on ne sait jamais la vérité. Les ingénieurs peuvent dire que la forêt se régénérera bientôt tout en sachant que les coupes menacent dangereusement la survie des forêts. » (Léanne)

« Il y aura toujours des aspects de certaines choses qui seront cachés pour le profit monétaire ou seulement pour l'image d'une compagnie. Le gouvernement nous ment et tout le monde le sent, mais à présent je crois qu'on devrait penser à un changement. » (Charles)

gouvernement

Dans le deuxième problème, les élèves devaient prendre position sur la nécessité de protéger les animaux en voie d'extinction ou sur le fait que nous devrions laisser la nature faire son œuvre, évitant ainsi d'arrêter l'évolution des différentes espèces. Karl suggère que nous laissions aller la nature ; il croit que les interventions gouvernementales ne sont pas bénéfiques pour l'environnement.

« Les lois ne protègent pas les animaux. Oui nous devrions laisser aller la nature même avec les problèmes qu'elle a. Les lois ne sont là que pour ralentir l'économie et l'évolution des espèces en les laissant mourir à petit feu. Nous devrions laisser aller la nature car les plus forts survivront, comme dans la loi de la jungle. » (Karl)

Face au problème de l'augmentation de la population mondiale, certains élèves voient un lien directement proportionnel entre l'augmentation de la population, la prolifération des industries et la pollution planétaire.

« Les grandes entreprises occuperaient tous les territoires de la planète ce qui empêcherait aux pays sous développés de pratiquer de l'agriculture de subsistance. De plus nous risquons plus une grande épidémie. Les bactéries se développeraient plus vite et un grand nombre de nouveaux virus apparaîtraient. »
(Alexandre)

urbanisation
et industrialisation
excessives

« Par contre, la présence massive d'humains peut engendrer des problèmes beaucoup plus graves que ceux à quoi nous faisons face présentement. Exemple, la pollution. Nous savons tous que c'est un fléau qui est déjà bien implanté. Mais, pensez-y, 3 milliards d'individus de plus, c'est : énormément d'automobiles de plus qui rejettent du dioxyde de carbone, plus d'usines pour embaucher tous ces gens qui, à leur tour, émettront du SO₂ et du NO_x, plus de dépotoirs remplis de déchets, moins d'eau potable parce qu'il en aura encore plus de gaspillée. Je crois que c'est assez. »
(Claudie)

L'industrialisation et l'urbanisation sont évoquées quand est soulevé le problème de la survie de l'ours noir.

« Je ne pense pas vraiment qu'il a raison, car l'an dernier (l'été), on a entendu parler de plus d'un incident de ce genre. Y aurait-il plusieurs ours pris d'une maladie mentale ? J'en doute fort. Il est peut-être possible que l'ours veut défendre son territoire et ses petits. Avec l'industrialisation, l'ours est de plus en plus dérangé dans son habitat naturel. » (Mélicca)

« Ceci est la meilleure chose à faire car l'urbanisation est un facteur qui réduit leur écosystème. Si on augmente en plus leur population, le problème deviendra encore plus éminent. » (Gabriel)

• Manque de connaissances

Dans leurs réflexions certains élèves ont cité le manque de connaissances comme limite à la protection de l'environnement. Ce manque se traduit par l'incapacité à protéger ou à assurer la régénération de certaines espèces, ou par un faux sentiment de sécurité face à la quantité des ressources naturelles.

« Nous ne connaissons pas tous les espèces vivants dans cet écosystème, donc nous ne pouvons pas tous les protéger. » (Philippe)

connaissances
trop limitées
pour protéger
l'environnement

« Je ne crois pas que l'on peut en être certain car nous ne savons pas tout sur l'histoire. C'est bien beau de dire qu'on assure la régénération mais est-ce efficace ? » (Magali)

« Les gens ne sont pas conscients de l'ampleur que les compagnies ont et de la grandeur des territoire et se disent qu'il en reste en masse. » (Karl)

« Il y a sûrement des choses auxquelles Parcs Canada n'a pas pensé, de plus, je pense que la société d'aujourd'hui n'est pas assez sensibilisée à la protection de l'état naturel. La biodiversité est quelque chose d'unique qu'il faut préserver, une fois disparue, c'est là qu'on se rendra compte combien elle est importante. »
(Maude)

Pour la problématique de l'ours noir, leurs réponses indiquent qu'il leur faudrait davantage de renseignements pour être en mesure de mieux comprendre la situation problème et ainsi d'adopter une position plus éclairée.

manque
d'informations
pour appréhender
la situation
problème

« Il y a très rarement des attaques d'ours donc je ne crois pas que ce soit du au trop grand nombre d'ours. De toute manière, on ne peut jamais être sûr à 100 % du comportement d'un animal sauvage. Sans le savoir nous même, l'ours s'est peut-être fait surprendre et il a eu peur. Il peut y avoir pleins d'explications mais sûrement pas celle du nombre d'ours. » (Kevin)

« Je crois aussi qu'envoyer l'ours à quelque part d'autre ne changera rien car les autres ours pourraient certainement agir comme ce dernier. Alors si on ne comprend pas le pourquoi, alors je crois qu'il serait très difficile de remédier à la situation. » (Mélodie)

« L'erreur humaine, comme je disais, l'homme ne connaît pas la bête et ainsi ne la respecte pas toujours. Sans le savoir il peut poser un geste qui choque l'animal. Par exemple, s'il empiète dans son territoire ou un simple geste brusque peu être offensant pour l'ours. » (Magali)

« Faire plus d'études afin de mieux comprendre leur comportement et ainsi adapter des mesures de prévention aux attaques d'ours. » (Amélie)

• Activités humaines

L'être humain est généralement perçu comme une menace pour l'environnement. Pour certains, l'appât du gain entraîne une mauvaise gestion des ressources naturelles.

lien établi
par les élèves...

« Il est certain que la gestion actuelle à des bons et mauvais côtés. Mais de mon côté je crois que les écosystèmes sont grandement en danger. Comme dans tout domaine, certaines personnes se préoccupent du côté écologique et d'autres ne pensent qu'à l'argent. » (Jonathan)

« Nous vivons dans un monde où l'argent est beaucoup plus important que la survie de nos forêts. » (Marie)

Plusieurs élèves établissent un lien direct entre les activités humaines et la perte de l'intégrité biologique.

« Je suis pour le fait qu'on protège les animaux des humains. Premièrement, ce n'est pas seulement la nature qui cause la disparition de plusieurs espèces, les humains sont en grande partie responsable de tout ce qui arrive. Ce n'est pas seulement le fait qu'il y ait des braconniers, peu à peu nous détruisons l'habitat naturel de ces pauvres bêtes. » (Maude)

« Je suis pour qu'on protège les espèces plus vulnérables. Mais surtout les protéger des humains mais je ne laisserai pas la nature aller. Je crois qu'on doit protéger les espèces. Mais surtout contre le facteur humain. Car sans les humains les espèces seraient beaucoup moins menacées (pollution braconnage). Dans le monde où nous sommes je ne laisserai pas la nature aller car nous les humains avons une trop forte influence sur elle. En plus que notre influence est négative en général. Donc oui nous devons protéger les espèces parce que nous-même nous les détruisons. Si nous ne serions pas sur terre la nature se modifierait elle-même donc les espèces vulnérables mourraient et ainsi de suite. Mais là on ne la laisse pas faire (la nature) sans le vouloir car on la pollue et on tue donc sans s'en rendre compte on influe sur la nature. » (Kevin)

...entre activités
humaines
et perte d'intégrité
biologique

neuf milliards
d'humains...

La majorité des élèves voient difficilement qu'une harmonie puisse exister entre les neuf milliards d'humains prévus dans cinquante ans et l'intégrité de la biodiversité. Selon eux, les humains constituent une menace s'ils persistent à consommer et à utiliser les ressources naturelles comme si elles étaient illimitées.

« Je crois que si nous atteignons les neuf milliards d'individus, nous risquons d'achever nos ressources. » (Joanie)

...une menace
pour l'environnement

« Plus on est de personnes sur la terre, plus grande sera notre consommation. Par exemple, si on compte seulement le nombre de voitures qui sont fabriquées annuellement, cela fait un chiffre assez extraordinaire. Si on le multiplie par neuf, est-ce que la terre nous permettra de recueillir autant de ressources pour la fabrication de ce bien ? L'épuisement des ressources deviendrait alors un problème très grave. Le bois serait lui aussi exploité de façon désastreuse. Les forêts seraient coupées rapidement pour réussir à subvenir à nos besoins de papier, de planches, de bois de chauffage, etc. Les terres pour la culture des aliments seraient elles aussi exploitées à leur maximum. Les terres deviendraient de plus en plus pauvres en minéraux, car on ne leurs laisserait pas le temps de se reposer, puisque année après année on les utiliserait pour ne pas mourir de faim. » (David)

Quant à la gestion des parcs nationaux, les élèves ciblent les activités humaines comme une menace pour l'intégrité physique des différents milieux naturels.

« Malgré tous les avantages qu'on peut y trouver, on ne pourra préserver la biodiversité que lorsque les gens seront sensibilisés. » (Joanie)

« Nous savons tous que nous les humains sommes une menace énorme pour tous les animaux vivant sur terre. Sans aucune zone et ayant aucune loi, l'humain n'aurait aucune limite et pourrait créer énormément de dommages à toute espèce. » (Jonathan)

Le comportement agressif de l'ours noir dans la forêt canadienne (Francoeur, 2000) serait une réaction normale à toutes les perturbations qui confrontent cette espèce.

une explication
de l'agressivité
de l'ours noir

« Selon moi, on s'habitue à n'importe quelle situation au même titre que les ours noir ou tout autre espèce. Au début, pour les ours noirs la présence d'humains était quasi-inexistante dans leurs milieux et encore moins des humains qui les chassent. De nos jours, les ours ont réagi à notre fréquente présence et à notre agressivité. Ils nous attaquent. » (Gabriel)

« Je pense que cet ours a agit ainsi car l'humain prend maintenant trop de place dans son habitat. Il se sentait probablement menacé par sa présence. » (Magali)

• Les limites de la nature

Les élèves nous ont laissé entendre que la nature posséderait certaines limites à respecter si nous ne voulons pas lui nuire. Ces limites proviendraient de la très grande complexité de la nature elle-même.

« Les résultats d'une plantation d'arbres se vérifient à long terme. C'est bien beau de replanter des arbres, mais ils ne poussent pas instantanément, ce qui a des effets graves sur l'écosystème. Par exemple, on ne peut démontrer que les animaux n'en souffrent pas. » (Judith)

Certains expriment des inquiétudes quant à l'extinction d'espèces animales ou végétales en faisant ressortir les liens étroits qui unissent chaque espèce d'un même réseau. Le danger pour l'environnement réside justement dans cette complexité : si un animal ou une plante disparaît, invariablement d'autres disparitions se produisent à moins d'adaptation à une nouvelle niche écologique.

« Je crois qu'il est utile de protéger ces espèces [...] car toutes sont utiles. Ils font tous partie d'une chaîne et s'il manque certains chaînons, le milieu où ils vivent s'en ressentira. Je pense que si on laisse la nature faire les choses, nous consentons à embarquer dans un engrenage. Une espèce disparaîtra et cela entraînera la disparition d'une autre. » (Marie)

existence
de limites à la
régénération

Les limites de la nature se traduisent par l'incapacité de celle-ci à se régénérer au même rythme que l'utilisation des ressources naturelles, créant ainsi un déséquilibre entre le niveau de consommation et la production de la planète. Les activités humaines produisent une pollution que ne peut absorber la planète sans qu'un déséquilibre ne se produise.

« Premièrement, je ne crois pas que la planète puisse subvenir à toute les demandes et assimiler tout les déchets qu'on lui impose. Les humains vivraient dans leurs déchets et cela pourrait causer des épidémies et l'extinction "non-naturelle" de plusieurs espèces. » (Cindy)

« Il faut aussi penser à la pollution atmosphérique causée par les usines et les automobiles. Le CO₂ dégager dans l'air causerait des désastre sur la couche d'ozone et créerait un débalancement écologique sur les plantes, les animaux et nous les humains. » (Jonathan)

Les élèves prêtent une attention particulière à l'équilibre fragile entre le nombre d'ours et la diminution de ce nombre en deçà d'un seuil critique susceptible de conduire à leur disparition, ce qui aurait des conséquences négatives sur la biodiversité.

« Je trouve que c'est une bonne idée d'ouvrir la chasse pour diminuer la population d'ours. Ce mouvement permettrait de diminuer le nombre d'accidents dus aux ours. De plus, cela serait bénéfique pour tous ceux qui ont rapport à la chasse de l'ours. Par contre, il ne faudrait pas restreindre le nombre d'ours à un seuil critique, car cela pourrait causer leur extinction. » (Philippe)

équilibre
et seuil critique
des populations
d'ours

« J'avoue que ce serait une solution possible à ce problème, mais d'un autre côté je crois qu'ils devront quand même imposer une certaine limite (un quota). Ceci parce qu'un jour il deviendra peut-être en voie d'extinction si on n'impose aucune limite. » (Mélissa)

4.2. Protection de l'environnement

La majorité des élèves identifient plusieurs sources d'aide ou de modes de protection de l'environnement. Ces différents modes induiraient une certaine capacité de favoriser le développement positif d'une ou de plusieurs facettes de l'environnement.

• Institutions

sources d'aide
à la protection
de l'environnement

Plusieurs élèves suggèrent que la forêt boréale est bien gérée et disent avoir confiance dans les différentes institutions concernées par l'exploitation de la forêt. Selon eux, les ingénieurs forestiers ont pour mandat de protéger la nature contre son éventuelle destruction par l'élaboration de techniques de coupes moins dévastatrices jumelées à des techniques de reboisement qui tiennent compte des caractéristiques de l'emplacement des coupes.

« [Si...] les ingénieurs sont le moins brillants ils pourront faire allumer [réfléchir] les présidents de compagnies. » (Karl)

« Les nouveaux arbres donneront de nouveaux habitats naturels et qu'une forêt jeune et en santé ne peut que réjouir la nature. » (Kevin)

« On gère nos forêts boréales en faisant le plus possible d'autre sorte de coupe que la coupe à blanc. De plus aujourd'hui lorsqu'on coupe on replante de jeunes pousses et voilà le problème. » (Rosalie)

« Je crois tout d'abord que question marketing, il est évident que certaines séquences du film étaient là seulement dans le but d'avoir un grand impact. Le but du documentaire était de prouver que la gestion des forêts est inadéquate. Il aurait été déplacé de montrer des endroits où la régénération s'est faite et que la gestion de cette forêt était excellente. »

• Préconceptions

les préconceptions
influencent
les prises
de position
des élèves

Plusieurs élèves justifient leur prise de position à partir d'observations premières ou d'une vision personnelle, sans toutefois pouvoir l'argumenter ni se questionner sur sa validité. Affirmant que la gestion de la forêt boréale n'est pas adéquate, ils reprochent par exemple aux ingénieurs forestiers de ne pas mettre en opération les nouvelles techniques de coupe ou de reboisement qu'ils ont eux-mêmes développées. D'autres, dans le but de justifier l'opinion selon laquelle la forêt va repousser et qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter, soutiennent que les papeteries (4) doivent fermer leurs portes, puisque la consommation de papier a chuté de façon importante. Les derniers enfin, pour justifier une position allant à l'encontre de la protection des espèces en voie d'extinction, affirment que le braconnage est justifiable, car les braconniers ont besoin d'argent pour faire vivre leur famille.

« Peut-être que les ingénieurs travaillent à développer de nouvelles techniques, cependant ils ne les ont pas encore mises en application. » (Joanie/ISP₁)

« D'année en année les moulins à papier ferment leur porte soit ils démenagent ou soit ils font faillite tout simplement parce que la consommation de papier de la population est à la baisse donc si il n'y a presque plus de papier produit, les surfaces laissées à l'abandon peuvent repousser sans trop de difficulté. » (Alexandre/ISP₁)

validité
de l'argumentation

(4) Terme québécois qui désigne les industries de pâtes à papiers.

« [Je suis] contre la loi de la protection. Dans certain pays, le braconnage est à la base de l'économie. Je m'explique, plusieurs braconniers pratiquent ce métier pour avoir de l'argent pour acheter de la nourriture. » (Alexandre/ISP₂)

Le jugement de certains est également basé sur leurs propres observations ; ils prétendent que ce qu'ils voient a plus de valeur que ce qu'ils lisent sur un sujet.

« Sur des faits que j'ai pu voir de mes yeux ou à la télévision. » (Judith/ISP₁)

« J'ai vu ce film et les images qui nous montrait étaient réelles. Ce n'était pas un article de journal sans image qui veut rien dire. » (Jonathan/ISP₁)

généralisation
hâtive

Certains ont tendance à faire des généralisations et appliquent leurs observations à l'ensemble de la société. Leur opinion en est teintée et ils concluent de façon hâtive.

« Je crois que mon point de vue se base sur tout les abus vécus. Que ce soit de moi ou de tous ceux que je n'ai pas connu. Presque tout le monde est prêt à vendre son confrère seulement pour avoir une plus grande possession. » (Charles/ISP₁)

« La protection coûte très cher, de même que la prévention, et je ne suis pas certaine que la société serait prête à investir des millions de dollars pour protéger des espèces qu'elle n'a jamais vues. » (Rosalie/ISP₂)

• Idiosyncrasie

Concernant le problème de gestion de la forêt boréale, nous leur avons demandé de s'exprimer sur les raisons qui expliquent la divergence d'opinions sur un même problème entre deux personnes qu'elles soient expertes ou novices. Il en ressort que la manière d'être, propre à chaque individu, aurait une influence sur les prises de position d'un individu et sur ses justifications. Cette idiosyncrasie face aux résolutions de situations problèmes expliquerait les divergences d'opinions qui prévalent même entre experts. Par conséquent, plusieurs sont d'avis que toute opinion est bonne, puisque chacune reflète les valeurs personnelles et sociales, l'éducation et les connaissances de la personne. Ainsi, chacun pense comme il veut, puisque chaque situation problème peut être perçue de multiples façons sans que cela n'affecte la valeur de l'opinion.

« Je crois que chaque personne ne voit pas la situation comme moi, car chacun pense comme il veut. Même si l'autre ne pense pas comme moi, je ou il n'a pas nécessairement tort. La liberté d'opinion est de mise. » (Justine/ISP₁)

« Je me suis beaucoup basée sur ce que je savais, ce que je pensais. Une autre personne peut avoir une opinion totalement différente de la mienne, tout dépendant de leur façon de voir les choses. » (Marie/ISP₁)

jugement corrélé
aux valeurs
individuelles

Pour ces élèves, il ne semble pas exister de mauvaises opinions, puisque le jugement se fait selon les pensées et les valeurs des individus. Si un désaccord existe entre deux personnes, c'est parce qu'elles ne partagent pas les mêmes valeurs, les mêmes buts ou les mêmes pensées. Ce qui

influence
du statut social
sur les valeurs

distingue une bonne opinion d'une mauvaise est la possibilité de pouvoir y apporter des arguments. Le statut social d'une personne peut avoir une influence sur ses valeurs et sur ses buts. Ainsi, cette personne émet une opinion différente selon qu'elle est employé, patron ou membre d'un groupe défendant la qualité de l'environnement.

« Peu importe mon opinion elle est correcte parce qu'il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises opinions. » (Fanny/ISP₁)

« Toute opinion est bonne selon le jugement de chacun. On ne peut dire qu'une opinion est fausse, car on juge une opinion selon nos pensées, nos valeurs, ce qui signifie que chacun à sa propre opinion. » (Judith/ISP₁)

« Je pense que mon opinion est correcte car je me suis basée sur mon jugement personnel et qu'une opinion est propre à chacun. Tout le monde peut avoir une opinion différente, mais on doit avoir des arguments pour l'appuyer. Je crois que mon opinion reflète mes valeurs et mes convictions, donc elle est correcte. » (Magali/ISP₁)

« Ils n'ont pas les mêmes valeurs. Certaines personnes pensent qu'il est mieux de faire des coupes à blanc pour être concurrent sur le marché et d'autres personnes pensent qu'il vaut mieux protéger l'environnement et ils ne s'occupent pas de l'économie. » (Mélodie/ISP₁)

« Je crois aussi que ça dépend du statu social de chaque personne, par exemple le patron de la compagnie de coupe de bois ne prendra sûrement pas la même position qu'un membre d'un groupe environnementaliste, les buts de ces gens ne sont pas les mêmes. » (Mélissa/ISP₁)

• Vérité

parce que la vérité
existe...

Pour plusieurs élèves, dans toute situation problème, il semble exister « une vérité », une solution unique ne demandant qu'à être découverte. Pour eux, toute opinion contraire est qualifiée de mauvaise, d'illogique ou d'irréaliste. Ils sont à la recherche de la bonne réponse. Dans l'élaboration de leur réponse, nous retrouvons cette impression de vérité. Ils sont sûrs de leur position et convaincus que ceux qui adhèrent à une opinion contraire sont dans l'erreur.

« [La] forêt est vivante et ... tout ce qui est enlevé va repousser. Ceux qui dise le contraire ont tort car ils ne sont pas patients. » (Antoine/ISP₁)

« Il est illogique de dire qu'une forêt est en danger car tout le monde sait qu'elle va renaître. » (Antoine/ISP₁)

« Une et une seule : l'instinct de survie. C'est simple, claire et tout à fait logique. Pourquoi vouloir chercher loin lorsque la réponse est si simple. » (Cynthia/ISP₅)

...on peut et on doit
rechercher
la bonne réponse

La vérité témoigne de la valeur d'un jugement. Si celui-ci est basé sur des faits avérés, alors il s'agit d'un bon jugement. Les divergences d'opinions sont attribuées au fait que toute la vérité n'est pas encore connue sur le sujet.

« Une opinion peut être meilleure si elle est entourée de bons arguments et de faits véritables. » (Stéphanie/ISP₁)

« Une opinion qui est forgée sur plus qu'un argument sera certainement meilleure qu'une autre. À condition que ces arguments soient véridiques et vérifiables. » (Joanie/ISP₁)

« La meilleure opinion c'est celle qui est vraie celle qui ne cherche pas à ce que ça paraisse bien et que tout va bien. » (Karl/ISP₁)

« C'est à cause que c'est pas tout le monde qui sait toute la vérité, même moi je ne sais pas toute la vérité. Si les gens n'ont jamais entendu parler du problème, ils ne peuvent pas avoir une opinion contre... car je crois qu'une opinion peut être meilleure qu'une autre par ses arguments qui sont plus véridiques. » (Renaud/ISP₁)

critères pour valider
la concordance
au modèle
de King et Kitchener

5. RÉSULTATS DE LA RECHERCHE : CONCORDANCE ENTRE LES RÉSULTATS OBSERVÉS ET LE MODÈLE DE KING ET KITCHENER

Dans cette section, nous entendons mettre en concordance les résultats observés et les caractéristiques du modèle de King et Kitchener. Ces auteurs suggèrent elles-mêmes différents critères qui devraient être considérés afin de s'assurer d'une réelle validation du modèle (1994, pp. 78-81). En particulier, une étude longitudinale réalisée avec les mêmes élèves aurait été essentielle, ce qui constitue une contrainte majeure. Les permissions obtenues pour travailler avec ces 32 élèves réunis dans une même classe n'étaient valides que pour l'année de l'étude. La généralisation des résultats est limitée autant par le nombre d'élèves participant à l'étude que par la variété des problèmes considérés.

Malgré ces limites évidentes, nous avons pu retrouver un grand nombre de caractéristiques citées dans les différents niveaux de ce modèle.

5.1. Premier niveau du modèle de jugement réflexif

selon les élèves,
les images filmées
ne mentent pas

Le premier niveau du modèle de la pensée réflexive de King et Kitchener est illustré par des individus pour qui la connaissance est absolue et se limite à des observations simples et concrètes. Ces élèves, pour se faire une opinion sur un sujet, se basent uniquement ce qu'ils sont capables de voir. Pour illustrer leur point de vue sur la gestion de la forêt boréale, par exemple, soit ils disent avoir déjà vu des coupes à blanc et trouver cette technique horrible, soit ils appuient leur opinion sur les images « réelles » de films qui, à leurs yeux, ne mentent pas.

À ce niveau du modèle, il s'établit une correspondance absolue entre la vérité et ce que ces élèves croient être vrai. Aucune justification n'est alors nécessaire et aucune distinction n'est faite entre un fait et un jugement. Il ne pourrait, selon eux, exister d'autres alternatives.

De plus, ils considèrent que la meilleure opinion est celle qui repose sur des arguments « *véridiques* ». Nous voyons dans

l'observation simple
et concrète suffit

cette affirmation le caractère concret de la connaissance qui ne demande qu'à être reconnue, puisque si un bon argument est un argument basé sur le vrai, c'est dire que la connaissance existe de façon certaine. Parmi les justifications offertes, certains indiquent qu'ils n'ont pas tendance à chercher d'autres pistes de solution. Une fois leur opinion arrêtée, ils répondent de façon catégorique, convaincus qu'il ne faut pas chercher plus loin, puisque la réponse est si simple. D'autres qualifient d'illogique un point de vue différent du leur.

5.2. Deuxième niveau du modèle de jugement réflexif

Ces élèves ne ressentent aucunement le besoin de justifier ou mettre en question leurs croyances ; les figures d'autorité suffisent, à elles seules, comme justification. Tous les problèmes possèdent une vraie réponse et les conflits n'ont pratiquement pas leur place lors des prises de décisions. Ainsi, nous avons relevé que certains justifient leur position à partir des propos tenus par des experts, tels ceux du cinéaste et environnementaliste québécois Richard Desjardins (*L'erreur boréale*, 1999), qui considère que la gestion de la forêt boréale est de mauvaise qualité. D'autres élèves se fient aux journaux ou à l'opinion de leurs parents pour prendre position sur l'importance de se doter de lois protégeant les animaux en voie d'extinction.

seul l'expert détient
les connaissances

Les élèves dont le raisonnement se situe à ce niveau avancent que les spécialistes possèdent suffisamment de connaissances pour avoir un bon jugement, d'où la confiance accordée à ces experts. Les mauvaises figures d'autorité sont, selon les élèves, celles qui portent un jugement sans détenir toutes les connaissances nécessaires. Nous avons relevé cet aspect dans le concept d'expert, où les élèves accordent l'expertise à celui qui possède beaucoup de connaissances. Les élèves justifient donc souvent leur incertitude par l'insuffisance de leurs connaissances sur le sujet ; ils croient que seule une personne très informée peut détenir une certitude. Ainsi, ils affirment qu'un individu dont l'opinion est différente des spécialistes est probablement mal informé et risque de se forger une opinion erronée.

5.3. Troisième niveau du modèle de jugement réflexif

il manque toujours
des éléments
pour bien
comprendre
une situation

Certains élèves expliquent les divergences d'opinion par deux causes : la certitude est impossible et il manque toujours des éléments pour bien comprendre une situation. Ils ajoutent que des personnes en savent plus que d'autres sur le sujet, mais que ces personnes ne savent pas tout ; c'est ce manque d'information qui les empêche d'être certaines. Ainsi, lorsque la solution à un problème existe, les croyances sont justifiées par la vision des autorités. Lorsque la solution n'existe pas, les croyances sont conçues comme étant des opinions personnelles et des suppositions, le lien avec les preuves n'étant pas clair.

Ainsi, plusieurs élèves qualifient leur position de correcte parce qu'ils l'ont prise au meilleur de leurs connaissances et

que personne ne peut être certain lorsque l'information est insuffisante. Les différences d'opinions résultent alors du fait que les experts ne détiennent pas encore avec certitude la réponse à la situation. Les élèves semblent percevoir le très grand nombre de facteurs à évaluer pour se faire une opinion.

5.4. Quatrième niveau du modèle de jugement réflexif

Les élèves décrivent l'importance à accorder aux valeurs personnelles, à l'éducation ainsi qu'à l'expérience dans la construction du jugement. Ils croient que chacun a le droit de penser comme il le désire et que la liberté d'opinion est de mise. Ils ajoutent que toute opinion est valide puisqu'elle dépend du jugement de chacun, de ses pensées et de ses valeurs. Ils ne croient pas nécessairement que leur position soit la meilleure, mais ils disent vouloir la conserver puisqu'elle correspond à ce qu'ils sont et qu'elle est basée sur leurs valeurs et leurs convictions.

toutes les opinions
se valent

Cette reconnaissance de l'implication des valeurs de la personne dans la prise de position fait en sorte que toutes les opinions sont valables, peu importe qu'elles proviennent d'un expert ou non. Pour justifier son argumentation, l'élève qui se situe à ce niveau de pensée utilisera des éléments de preuves qui vont dans le sens de ses croyances.

Cet élève croit que tout le monde procède de cette façon et choisit les preuves pour soutenir sa position en fonction de ses croyances ou de ses valeurs. Il est porté à discréditer le point de vue de l'expert lorsque ce dernier ne va pas dans le même sens que lui, qualifiant d'erroné ou d'inadéquat le jugement de ce celui-ci. Certains de ces élèves considèrent que ceux qui ont des opinions contraires ont probablement des mentalités différentes. D'autres ajoutent qu'ils ne peuvent pas savoir si une position est meilleure qu'une autre, puisque personne ne possède les mêmes valeurs. À ce niveau, pour faire son opinion, l'élève aura besoin d'une preuve formelle venant d'une autorité.

5.5. Cinquième niveau du modèle de jugement réflexif

le contexte
influence
la personne
dans son opinion

À ce niveau, l'élève croit que plusieurs théories peuvent être vraies, et qu'elles sont seulement fondées sur des preuves différentes. Ainsi, le contexte influencera la personne qui prend position. Très peu d'élèves démontrent ce niveau de jugement réflexif.

Toutefois, quelques-uns mentionnent que le statut social d'une personne peut avoir un effet sur sa prise de position. Ils contextualisent le jugement et expliquent que le patron d'une compagnie de papier possède une opinion différente de celui qui appartient à un groupement environnementaliste.

5.6. Sixième niveau du modèle de jugement réflexif

il existe des degrés
de certitude

À ce niveau, l'élève indique qu'il ne peut être absolument certain, mais qu'il existe des degrés de certitude qui permettent d'adopter une position par rapport à une situation. Encore une fois, bien peu d'élèves caractérisent le jugement d'un expert selon la façon dont il évalue les différents aspects d'une situation avant de prendre position. Ils croient que ces experts sont des personnes critiques et qu'ils fondent leur jugement sur le poids relatif des avantages et des inconvénients.

5.7. Septième niveau du modèle de jugement réflexif

Quelques rares élèves font allusion aux enquêtes sur lesquelles repose le jugement des spécialistes, celles-ci confèrent à leurs travaux une qualité supérieure à une simple opinion.

5.8. Discussion

un même élève
peut recourir
à différents
niveaux
de réflexion

Un même élève peut présenter un raisonnement du premier niveau à un certain moment et un raisonnement de niveau supérieur à un autre moment. Nous croyons donc qu'il est possible de recourir à différents niveaux de pensée réflexive à divers moments. Ainsi, même si un élève est capable de mettre en œuvre un raisonnement où la connaissance est incertaine (quatrième niveau), il peut lui arriver de raisonner à un niveau inférieur. S'appuyant alors sur ses observations premières (premier niveau), il pourra faire preuve d'un raisonnement où la connaissance est perçue concrètement comme étant certaine. Il dira que ceux qui pensent différemment ont tort et représentent de mauvais spécialistes (deuxième niveau), ou encore il s'appuiera sur ses croyances personnelles, puisque, selon lui, le manque d'information nous empêche d'être certains (troisième niveau).

Nous avons pu observer des variations dans le niveau de jugement réflexif de la part des élèves visés par l'étude et se situant dans les quatre premiers niveaux du modèle. Leur mode de raisonnement correspond au niveau du jugement pré-réflexif et au début du jugement quasi-réflexif. Nous ne pouvons prétendre qu'ils exercent un niveau de jugement réflexif supérieur au quatrième niveau, car quelques élèves seulement ont soulevé les aspects caractérisant ces niveaux plus élevés.

• *Reconnaissance de points de vue différents*

on peut
se fier au jugement
des experts car...

Les élèves font confiance aux experts lorsque vient le temps de se faire une opinion sur une situation problème. Ils partent du principe que les experts sont fiables, puisqu'ils possèdent suffisamment de connaissances pour qu'on puisse se fier à leur jugement. Les élèves n'en sont pas encore à analyser une situation de façon autonome, en analysant d'autres alternatives, par exemple, pour en tirer leurs propres conclusions. À quelques reprises, certains mettent en doute la qualité de

...ils possèdent
suffisamment
de connaissances

l'expertise de certains spécialistes, particulièrement dans la situation problème portant sur la forêt boréale. Leur prise de position contre la crédibilité de l'opinion de certains experts provient d'une divergence de points de vue. Ces élèves ne comprennent pas pourquoi certains spécialistes prétendent que la forêt boréale est en bonne santé alors que pour eux, c'est impossible. Cette mise en doute de l'expertise de ces spécialistes ne peut être vue comme un raisonnement de niveau plus élevé, puisque ces élèves n'offrent pas d'arguments pouvant justifier ce doute. Ils ne reconnaissent pas d'autres points de vue que le leur et rejettent les opinions qui ne s'y conforment pas.

• *Stabilité des premières conceptions*

les préconceptions
proviennent
de la microsociété
d'appartenance

Suite à ces résultats, il semble que les élèves présentant un niveau de pensée pré-réflexive (trois premiers niveaux du modèle de King et Kitchener) se basent sur des préconceptions où seul leur point de vue prime pour prendre position face à une situation problème. Ces préconceptions, utilisées pour justifier leur position, proviennent de leur entourage (parents, amis, enseignants, experts, etc.) ; elles sont fiables pour eux et difficiles à modifier.

À l'instar de Bachelard (1972), l'observation première et la généralisation hâtive sont caractéristiques d'un esprit pré-scientifique. Le jugement pré-réflexif et l'esprit pré-scientifique sont tous deux caractérisés par une vision concrète de la connaissance. Les individus ayant atteint ce niveau construisent leurs connaissances en les basant sur leurs observations initiales, un comportement observé chez l'ensemble des élèves.

• *D'un niveau pré-réflexif vers le quasi-réflexif*

Certains élèves font aussi preuve d'un raisonnement de niveau quatre lorsque nous leur demandons d'expliquer les raisons qui entraînent les divergences d'opinions entre les individus, notamment les experts. Ces élèves comprennent que plusieurs opinions puissent coexister sur une même question. Ce quatrième niveau de jugement réflexif du modèle de King et Kitchener est caractérisé par une perception idiosyncrasique de la connaissance.

la connaissance
comporte
des éléments
d'ambiguïté
et d'incertitude

Plusieurs suggèrent que la connaissance comporte des éléments d'ambiguïté et d'incertitude, mais ils ne l'écrivent pas toujours clairement. Le contexte d'écriture dans lequel ils nous ont fait part de leurs réflexions a pu imposer une limite à leur capacité de clarifier leur pensée, nous laissant croire qu'ils ne mettent pas en pratique ce qu'ils disent. Si le recueil de données s'était déroulé en entrevue, peut-être en aurait-il été autrement. Les élèves auraient alors pu exprimer plus librement leur pensée, nous laissant ainsi entrevoir davantage cette perception idiosyncrasique de la connaissance qu'ils ont mentionnée.

6. CONCLUSION

le niveau
pré-réflexif
caractérise
la pensée
de la majorité
des élèves...

Les résultats de la recherche nous ont permis de constater que seuls quelques élèves expriment une perception élaborée du raisonnement des experts. Ces élèves parlent de contexte dans lequel se situe l'expert qui prend position (niveau cinq), de personnes critiques qui pèsent le pour et le contre des arguments entourant un problème (niveau six) et d'enquête ou de recherche pouvant donner plus de poids qu'une simple opinion personnelle (niveau sept). Cependant, il ne s'agit que d'une minorité d'élèves. C'est le niveau pré-réflexif qui nous semble caractériser la pensée de la majorité des élèves.

...qui analysent
des situations
de l'extérieur...

Le mode de raisonnement général utilisé par les élèves nous permet d'établir des liens avec ce que nous avons retrouvé lors de notre analyse. Nous constatons que quel que soit le concept abordé, ces derniers s'excluent des situations problèmes. En effet, ils identifient comme responsables des experts, des dirigeants de compagnies ou du gouvernement, mais ne se mettent pas en cause. Ils analysent le problème de l'extérieur, ce qui les limite dans leur capacité de percevoir la réelle complexité de la situation. Ils ne peuvent y arriver, puisque, pour eux, ce sont les autres qui présentent un mauvais comportement. C'est encore ici leur point de vue personnel qui est l'élément central de leur prise de position. Cette façon d'aborder un problème relève donc, selon nous, d'un niveau pré-réflexif, tel qu'indiqué par nos résultats. Les élèves sont situés à ce niveau, car en s'excluant des problématiques, ils simplifient à l'extrême le problème de sorte qu'une seule vision est alors possible.

...ce qui limite leur
capacité d'appréhender
la réelle complexité

Nous avons identifié l'obstacle épistémologique animiste qui, selon Bachelard, relève de la croyance au caractère universel de la vie pour justifier cette explication humaine des comportements des animaux. Cette vision les empêche de percevoir la complexité et même l'impossibilité de certaines de leurs propositions pour résoudre une situation problème.

Rodolphe M. J. TOUSSAINT
rodolphe_toussaint@uqtr.ca
laboratoire LERTIE
Université du Québec à Trois-Rivières

Marie-Hélène LAVERGNE
marie-helene.lavergne@tr.cgocable.ca
École secondaire Val-Mauricie
et laboratoire LERTIE
Université du Québec à Trois-Rivières

BIBLIOGRAPHIE

- ACDI (2000). *Déforestation : Le déclin des forêts tropicales*. Agence Canadienne de Développement International. URL : <http://www.rcfa-cfan.org/french/f.issues.12-10.html>.
- ASTOLFI J-P. (1993). Placer les élèves en « situation-problème » ? *Probio-Revue*, 16.
- BACHELARD, G. (1934). *La formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris : Vrin.
- BARDIN, L. (1993). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses universitaires de France.
- DEWEY, J. (1933). *How we think : a restatement of the relation of reflective thinking to the education process*. Chicago, Ill. : H. Regnery.
- DEWEY, J. (1930). *Experience and education*. Paris : Armand Colin.
- FABRE, M. & VELLAS, E, coord. (2003). *Situations de formation et problématisation*. Symposium n° 5. Réseau Éducation Formation, 18-19 septembre 2003 à Genève. Université de Genève. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.
- FISCHER, K.-W., & SILVERN, L. (1985). Stages and Individual Differences in Cognitive Development. *Annual Review of Psychology* 36, 613-648.
- FRIEDMAN, A.-A. (2000). Nurturing reflective judgment through literature-based inquiry. *English Journal* 89, 96-104.
- FRANCOEUR, L.-G. (2000). *Apprendre à vivre avec les ours*. URL : <http://www.ledevoir.com/ecol/2000b/ours120700.html>
- KING, P.-M., & KITCHENER, K.-S. (1993). The Development of Reflective Thinking in the College Years : The Mixed Results. *New Directions for Higher Education* 84, 25-42.
- KING, P.-M., & KITCHENER, K.-S. (1994). *Developing Reflective Judgment : Understanding and Promoting Intellectual Growth and Critical Thinking in Adolescents and Adults*. San Francisco, CA : Jossey-Bass Publishers.
- KOLSTØ, S.-D. (2001). « To trust or not to trust, ... » -pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education* 23, 877-901.
- KUHN, D. (2001). How do people know ? *Psychological Science* 12, 1-8.
- KUHN D. & LAO J. (1998 a). Contemplation and Conceptual Change : Integrating Perspectives from Social and Cognitive Psychology. *Developmental Review* 18, 125-154.
- KUHN, D., AMSEL, E. & O'LOUGHLIN (1988 b). *The development of scientific thinking skills*. Toronto : Academic Press.
- L'Erreur boréale* (film) (1999). DESJARDINS, R. & MONDERIE, R. (producteurs) ; MICHEL, É. & PAYEUR, B. (directeurs). Montréal : Office national du film du Canada.

OKAGAKI, L. & STERNBERG, R.-J. (1990). Teaching Thinking Skills : We're Getting the Context Wrong. In Deanna Kuhn (Éd.), (Vol. 21, pp. 63, 78). *Developmental perspectives on teaching and learning thinking skills*. Basel : S. Karger.

PARCS CANADA (2000). *Rapport de la Commission sur l'intégrité écologique des parcs nationaux du Canada*. Ottawa, ON : Agence Parcs Canada.

URL : <http://www.rcfa-cfan.org/french/f.issues.12.html>

PARCS CANADA (2001). *Commission sur l'intégrité écologique des parcs nationaux du Canada : Rapport d'étape de Parcs Canada*.

URL : http://parkscanada.pch.gc.ca/EI-IE/index_f.htm

PAUEN, S. & WILKENING, F. (1997). Children's Analogical Reasoning about Natural Phenomena. *Journal of Experimental Child Psychology* 67, 90-113.

PERNER, J. (1991). *Understanding the representational mind*. Cambridge, Mass. : The MIT Press.

RAMADE, F. (1999). *Le grand massacre L'avenir des espèces vivantes*. Paris : Hachette.

SADLER, T.-D., CHAMBERS W. & ZEIDLER, D. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education* 26, 387-409.

SAMSON, G. et al. (1998). *Programme de la concentration en environnement et développement durable*. Shawinigan-Sud, Québec. Commission scolaire Val-Mauricie.

SAVOIE-ZAJC, L. (2000). L'analyse de données qualitatives : pratiques traditionnelle et assistée par le logiciel NUD*IST. *Recherches Qualitatives* 21, 99-123.

SIMONNEAUX, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23, 903-927.

SIMONNEAUX, L. (2002). Analysis of classroom debating strategies in the field of biology. *Journal of Biological Education* 37, 9-12.

STERNBERG, R.-J. (1999). Intelligence as Developing Expertise. *Contemporary Educational Psychology*, 24, 359-375.

WILSON, E.-O. (2002). *The future of life*. New York, NY : Alfred A. Knopf.

ZIMMERMAN, C. (2000). The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review* 20, 99-149.

ANNEXE

Problème 1. La forêt boréale : une ressource illimitée ?

Les ingénieurs forestiers travaillent à développer des techniques favorisant le reboisement et minimisant ainsi les dégâts potentiels attribuables aux coupes en forêt. Leur travail a pour but de favoriser un aménagement forestier durable. Ainsi, des arbres sont coupés, d'autres sont plantés en remplacement, et la régénération naturelle fera également son travail pour reconstruire nos forêts.

Cependant, dans son film *L'Erreur boréale* (1999), Richard Desjardins nous démontre que les actuelles coupes de la forêt boréale menacent cet écosystème.

- 1- Peut-on être certain que la gestion actuelle de la forêt boréale ne met pas en danger la survie de cet écosystème ? Pourquoi ? Ou pourquoi pas ?
- 2- Sur quoi bases-tu ton point de vue ?
- 3- Comment en es-tu arrivé à prendre cette position ?
- 4- Peux-tu être certain que ton opinion est correcte ? Pourquoi ? Ou pourquoi pas ?
- 5- Dans le cas où des personnes ont des opinions contraires :
 - a) Est-ce parce qu'il existe de bonnes opinions et de mauvaises opinions ?
 - b) Si oui, que veux-tu dire par bonne opinion ?
 - c) Si non, peux-tu dire qu'il y a d'une certaine façon une opinion qui soit meilleure ? Qu'entends-tu par meilleure opinion ?
- 6- Comment est-ce possible que des personnes puissent avoir des opinions si différentes à ce sujet ?
- 7- Comment expliques-tu que même les experts sur la question ne s'entendent pas entre eux ?

Problème 2. La nature a-t-elle besoin d'aide ?

Depuis de nombreuses années, le commerce de la fourrure occupe une place importante dans l'économie d'une grande majorité de pays (5).

L'extinction d'une espèce est un processus naturel. D'ailleurs, depuis l'origine de la vie, de nombreuses espèces se sont éteintes et ont été remplacées par d'autres espèces mieux adaptées aux conditions du milieu. Les études géologiques nous ont indiqué que plusieurs milliers d'espèces animales et végétales sont ainsi disparues parce qu'elles n'ont pu s'adapter aux changements. Les grandes extinctions de masse, telle celle des dinosaures, semblent être rares (peut-être pas plus de 5 sont survenues depuis l'apparition de la vie, il y a environ 3,8 milliards d'années). Par ses activités, l'être humain a augmenté la vitesse d'extinction de plusieurs espèces animales et végétales. Nous n'avons qu'à penser à la destruction de certaines forêts tropicales et de plusieurs autres habitats. Actuellement, plusieurs lois permettent de protéger les espèces plus fragiles menacées d'extinction.

D'après toi, est-il vraiment utile de protéger toutes ces espèces ? Devrions-nous laisser la nature décider que les espèces les mieux adaptées pourront survivre ?

Voici de quelle façon je te demande de répondre aux questions ci-dessous. Tu dois d'abord prendre position face à ces questions. Puis, tu exprimes ta position de deux façons.

- 1- Tu présentes premièrement tes arguments pour soutenir ta position.
- 2- Ensuite, tu te places dans la peau de quelqu'un qui a une vision opposée à la tienne et tu expliques quels seraient ses arguments pour soutenir sa version (tu te trouves à jouer le rôle de « l'avocat du diable »).

(5) Cf. Image présentée aux élèves visible à l'adresse : <http://iucn.org/bil/species.html>

Problème 3. Neuf milliards de personnes (6) : est-ce possible ?

Au début du XIX^e siècle, la population mondiale s'élevait à un milliard de personnes. Actuellement, notre espèce se situe à plus de 6 milliards d'individus. Si la tendance se maintient, les probabilités nous indiquent que nous pourrions atteindre les 9 milliards d'ici 50 ans.

Une élévation rapide du nombre d'individus entraîne une augmentation fulgurante de l'exploitation des ressources naturelles de la planète telles que l'eau, la nourriture et les minéraux.

De plus, 25 % de la population actuelle consomme 75 % des ressources naturelles mondiales.

Si nous atteignons ce nombre de 9 milliards d'individus, comment entrevois-tu la vie sur la planète ?

Donne d'abord un scénario positif, puis donne un scénario négatif du degré d'harmonie qui pourrait exister entre les humains et l'environnement.

Problème 4. Le maintien de la biodiversité : les parcs nationaux sont-ils la solution ?

Au Canada, nous comptons environ 39 parcs nationaux répartis dans toutes les provinces canadiennes (Agence Parcs Canada, 2000 ; Parcs Canada, 2001). En 1998, une commission sur l'intégrité écologique des parcs nationaux a été mise en place afin d'assurer le maintien de la biodiversité dans ces parcs.

Par le biais du zonage et afin d'offrir des degrés variables de protection, Parcs Canada a donc classifié les aires terrestres et marines que l'on trouve à l'intérieur des parcs en différentes zones. Parcs Canada peut ainsi appliquer les principes d'intégrité écologique pour protéger les terres et les ressources des parcs et minimiser les changements causés par l'homme. Les zones réservées aux activités destinées aux visiteurs ne représentent qu'une faible proportion de l'étendue des parcs, soit **0,57 %** de la superficie totale. Plus de 97 % de la superficie des parcs est zonée *préservation spéciale* (**3,25 %**) et *milieu sauvage* (**94,1 %**).

Préservation spéciale :

Ces zones contiennent ou abritent des caractéristiques naturelles menacées ou en voie de disparition. L'accès et la circulation par véhicule motorisé y sont interdits.

Milieu sauvage :

Zones conservées à l'état sauvage. Les visiteurs peuvent les découvrir par le biais de loisirs de plein air adaptés aux écosystèmes du parc et qui nécessitent quelques services et installations rudimentaires. Les loisirs de plein air sont autorisés uniquement s'ils ne nuisent pas à l'état sauvage du parc. L'accès et la circulation par véhicule automobile sont interdits. L'accès par la voie des airs sera permis, mais étroitement contrôlé.

Crois-tu que cette gestion va réellement permettre de préserver la biodiversité dans ces parcs ?

1- Quelles sont les caractéristiques positives nous permettant de préserver la biodiversité dans ces parcs ? Explique, pour chacune, en quoi elle permet de préserver cette biodiversité. Explique ton point de vue.

2- Quelles sont les caractéristiques négatives risquant d'empêcher la préservation de la biodiversité dans ces parcs ? Explique, pour chacune, en quoi elle risque d'empêcher la préservation de cette biodiversité. Explique ton point de vue.

Problème 5. L'ours noir (7) : la loi de la nature ou celle de l'homme ?

L'attitude des humains envers l'ours a toujours été marquée de prudence et de respect, voire de vénération dans les temps anciens. De nos jours, de nombreux Amérindiens vénèrent encore cet animal et manifestent une très grande admiration pour le chasseur qui a réussi à en abattre un.

L'ours noir s'attaque rarement à d'autres grands mammifères et ne peut être considéré comme un prédateur au même titre que le loup, la belette ou l'ours blanc.

Bien qu'ils fréquentent divers habitats, les ours noirs préfèrent les forêts denses et les broussailles touffues. Mais c'est probablement dans les forêts mixtes de conifères et de feuillus qu'ils vivent en plus grand nombre. Dans les habitats qui leur sont favorables, on dénombre un ours par 3 ou 4 km². Il est difficile d'évaluer sa population, car l'ours noir est un animal timide et discret. Selon des estimations récentes, la population continentale compterait 500 000 bêtes, à quelque 200 000 individus près ! (Voir l'image présentée aux élèves : <http://www.cws-scf.ec.gc.ca/hww-fap/blbear/blbearf.html>)

Les ours évitent habituellement de s'approcher des êtres humains. On sait toutefois qu'ils peuvent les attaquer, mais de tels incidents sont très rares. Les auteurs de ces attaques sont généralement des ours qui se sont nourris dans les poubelles ou qui sont en très mauvaise condition physique en raison de leur âge ou à la suite d'une maladie ou de blessures.

Un événement de ce genre s'est pourtant produit l'été dernier alors qu'une jeune athlète s'est fait tuer par un ours noir au cours de son entraînement à l'ancienne base militaire de Valcartier.

1- Un spécialiste de la faune, expert dans l'étude des ours noirs et travaillant pour le parc National de la Mauricie, suggère qu'il n'y a aucune explication plausible pour justifier l'accident de Valcartier. Cet événement serait dû à un animal ayant sans doute développé une maladie mentale plutôt qu'à une trop forte population d'ours noirs dans la région.

Partages-tu ou non l'opinion de cet expert ? Pourquoi ou pourquoi pas ?

2- Un journaliste du quotidien Le Devoir (Francœur, 2000) écrit qu'il faut éviter les imprudences avec les ours noirs. Gros ou petits, ces derniers sont imprévisibles. Le public devra s'habituer à côtoyer plus fréquemment les ours, toujours plus nombreux partout si la politique québécoise et nord-américaine relative à l'ours atteint l'objectif d'augmenter sa population. Résultat : davantage d'ours devront se partager les mêmes réserves de nourriture, ce qui les fera sortir du bois en période de rareté. De plus, un animal qui franchit la frontière mentale qui le tenait à l'écart des humains demeurera convaincu, d'expérience, qu'il peut récidiver sans problème. Le contrôle de la population par les trappeurs sera de moins en moins efficace. Les peaux d'ours noir ne valent pas cher et il est interdit aux trappeurs d'exporter les vésicules biliaires à certains Asiatiques qui y voient des vertus aphrodisiaques. Une telle pratique est d'ailleurs contraire au principe de l'utilisation optimale. En Estrie, la population d'ours augmente sans cesse et le nombre d'incidents signalés au gouvernement a sensiblement augmenté bien avant l'incident de Valcartier. Faudra-t-il éventuellement, comme le signalait un collègue du Soleil, faire appel aux chasseurs pour contrôler cette population comme on l'a fait pour l'oie après avoir découragé cette pratique par toutes sortes d'obstacles ?

Comment considères-tu cette suggestion de diminuer la population d'ours noirs en favorisant la chasse pour remédier à ce problème ? Justifie ta position.

3- À la suite de l'événement de Valcartier, une tribune téléphonique a permis à certaines personnes du grand public de s'exprimer et d'émettre leur opinion. Certains auditeurs trouvaient injuste que l'on ait tué l'ours présumé responsable de la mort de la biathlète. Leur suggestion consistait à attraper cet ours noir et à le transporter dans une réserve faunique éloignée.

Quelle est ta position à cet égard ? Indique les avantages et les inconvénients.

4- À ton avis, y a-t-il une ou des explications qui nous permettraient de comprendre ce malheureux incident ? Laquelle ? Lesquelles ?

5- Quelle serait ta proposition pour diminuer le risque d'attaque de l'ours noir envers les humains ? Justifie ta proposition.

UN JEU DE RÔLE SUR UNE CONTROVERSE SOCIO-SCIENTIFIQUE ACTUELLE : *Une stratégie pour favoriser la problématisation ?*

Virginie Albe

Afin de contribuer à la compréhension de la façon dont les élèves appréhendent des controverses socio-scientifiques actuelles, nous avons mis en œuvre en classe une étude sur la question de la dangerosité des téléphones cellulaires avec des élèves de 1^{re} de série technologique de l'enseignement agricole. Au cours de cette activité, les élèves ont étudié des extraits de recherche et élaboré des arguments. Dans cet article, nous analysons comment cette situation d'enseignement peut amener les élèves à s'engager dans une activité de problématisation de cette controverse.

1. INTRODUCTION

questions
socio-scientifiques...

Dans la perspective d'une alphabétisation scientifique générale pour tous (Fensham, 2002), une des voies proposées dans de nombreux pays concerne l'introduction dans les programmes de questions socio-scientifiques. Il s'agit par exemple d'amener les élèves à débattre du réchauffement du climat, à prendre position sur des questions scientifiques actuelles comme l'enfouissement ou le retraitement des déchets nucléaires, les modes de production d'énergie...

...pour une éducation
citoyenne

Dans le cadre de la mise en place de nouveaux programmes dans les filières de l'enseignement agricole en 2000, l'accent a été mis sur « l'analyse contradictoire de la fiabilité des connaissances (exemples actuels des OGM, effet de serre...) (1) ». Il est précisé que « les étudiants poursuivront à cette occasion le développement de leur conscience citoyenne » (ib.). Par exemple en classe de terminale du baccalauréat technologique série Sciences et technologies de l'agronomie et de l'environnement (STAE), le référentiel de formation indique que « l'objectif est de faire prendre une conscience aiguë des conséquences peut-être dramatiques et irréversibles des actions humaines sur l'environnement. Le rôle du professeur est d'apporter des informations aussi fiables que possible afin de nourrir une réflexion objective à finalités citoyennes. [...] Ces études de cas (l'eau, le climat) sont l'occasion d'exercer la rigueur scientifique et l'esprit critique. »

Dans la filière scientifique de l'enseignement agricole pour l'enseignement de l'énergie nucléaire en classe de première,

(1) Note de service du ministère de l'Agriculture et de la Pêche n° 2000-2072 datée du 18 juillet 2000.

l'« objectif est de sensibiliser le public au “fait social” que constitue l'utilisation de l'énergie nucléaire ». Ces questions correspondent aux finalités de l'enseignement scientifique d'amener les élèves « à participer à des choix citoyens sur des problèmes où la science est impliquée » (BO, 1999), rejoignant ainsi des perspectives d'éducation citoyenne.

problèmes
complexes,
incertains,
controversés...

Ces problèmes font l'actualité des sciences et sont également au cœur de débats de société. Ils soulèvent de nombreuses questions et sont matière à controverses, dans les savoirs de référence comme dans les savoirs sociaux, ce qui a conduit à les qualifier de questions scientifiques socialement vives (Legardez & Alpe, 2001). Leur traitement en classe constitue également des situations-problèmes dans la mesure où dans le cas de controverses socio-scientifiques actuelles, les élèves se trouvent confrontés à des savoirs en développement, hésitants, incertains, controversés. Face à cette « science en train de se faire », il ne peut exister de réponse unique. Les prises de décision ne peuvent se fonder uniquement sur des savoirs technoscientifiques, elles s'appuient également sur des savoirs éthiques, économiques, politiques, juridiques (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996 ; Grace & Ratcliffe, 2002 ; Jimenez-Alexandre & Pereiro-Muñoz, 2002 ; Kölsto, 2001).

...de la « science
en train de se faire »

L'enseignement de tels problèmes scientifiques actuels rompt ainsi avec la tradition d'enseignement des sciences (Aikenhead, 2003). Face à la science-savoir des manuels, ces problèmes nous confrontent avec la science-ignorance des laboratoires. Pour Berlan (2002) en effet ces problèmes sont avant tout ignorance et interrogations. Le traitement de questions d'actualité permet alors de rejoindre des préoccupations personnelles des élèves tant la vivacité de ces controverses dans la société les rendent prégnantes dans leur environnement social et médiatique (Legardez & Alpe, 2001). Certaines questions peuvent de plus concerner directement les élèves dans leur vie quotidienne, comme par exemple l'utilisation de téléphone portable dans l'étude que nous présentons ici. Ces controverses technoscientifiques constituent ainsi un facteur attrayant pour les élèves. Cependant, ces problèmes sont complexes, font appel à différents domaines (éthique, économique, politique, etc.), et dans le contexte de savoirs scientifiques en développement incertains et controversés, élèves et enseignants peuvent être déstabilisés par l'absence de résultats empiriques définitifs (Hind, Leach & Ryder, 2001). L'étude de telles controverses par les élèves constitue alors un phénomène complexe. Comment les élèves les appréhendent ? Quelles situations peuvent favoriser l'engagement des élèves dans une activité de problématisation de ces controverses ?

2. ÉTUDE DE CONTROVERSES SOCIO-SCIENTIFIQUES

développer
la compréhension
de la nature
de la controverse

Des auteurs ont proposé l'étude en classe de controverses socio-scientifiques pour l'action et la réflexion dans la perspective d'une éducation aux sciences citoyenne. Pour Pedretti et Hodson (1995), il s'agit de former des citoyens critiques dans une visée de reconstruction sociale et d'action politique. Pour Bader (2003), « *le but est bien d'outiller les jeunes citoyens afin qu'ils se considèrent aptes à participer aux controverses sociotechniques et à négocier avec les savoirs experts* ». Selon Driver, Newton et Osborne (2000), « *développer l'argumentation en classe de sciences autour de questions controversées représente en ce sens un enjeu éducatif important pour la démocratisation des technosciences* ».

Pour d'autres, l'enjeu éducatif est de faire comprendre la nature des sciences. « *La société gagnerait d'une éducation aux sciences qui encouragerait les élèves, citoyens d'aujourd'hui et de demain à adopter un point de vue plus réaliste sur les sciences : reconnaître la nature hésitante des sciences et leurs possibilités à résoudre les problèmes* » (Oulton, Dillon & Grace, 2004). Ces auteurs suggèrent que la nature controversée de ces questions socio-scientifiques doit être comprise par les élèves et les enseignants et que cela devrait être le cœur de l'acte éducatif. Ils soulignent le « *besoin de soutenir le développement de citoyens scientifiquement alphabétisés et aptes à s'engager effectivement dans des controverses* ». Pour ces auteurs, « *développer une compréhension de la nature de la controverse et la capacité à s'y confronter est plus important que développer la compréhension des élèves d'une question particulière per se* ». (Oulton, Dillon & Grace, 2004).

quelles situations
pour favoriser
la problématisation
de ces controverses
par les élèves ?

Il ne s'agit pas en effet d'utiliser une controverse socio-scientifique comme une accroche motivante pour les élèves et s'en servir de prétexte à l'introduction d'un apprentissage conceptuel. Ce que l'on ferait par exemple si l'on présentait aux élèves la question problématique suivante : « *les téléphones cellulaires sont ils dangereux pour la santé ?* » pour ensuite étudier le fonctionnement techno-scientifique de la téléphonie mobile.

Mais il ne s'agit pas non plus d'élaborer et de mettre en œuvre en classe des protocoles expérimentaux qui permettraient d'éliminer certaines hypothèses, d'en conserver d'autres, de réaliser des mesures et *in fine* d'apporter une réponse au problème posé. Cette approche d'enseignement par situations-problèmes est de nature à favoriser l'apprentissage des élèves, comme en témoignent de nombreux travaux en didactique des sciences. Cela permet également de faire appréhender aux élèves la nature des démarches expérimentales et le rôle de l'expérimentation dans l'élaboration des savoirs scientifiques. Comme le soulignent Dumas-Carré et Gomatos (2001), la résolution de problèmes est un des grands axes de recherche de la didactique des sciences. Mais ces auteurs

- indiquent également qu'en raison de difficultés méthodologiques, peu de travaux ont concerné la résolution en groupes. Pour Goffard (1990), les problèmes étudiés par les recherches sont de deux types :
- le débat
- « *d'une part, des recherches visant à mettre au point des techniques et à enseigner des procédés de résolution pour des problèmes classiques, comme ceux que l'on trouve dans les manuels scolaires,*
 - *d'autre part, des recherches qui explorent la possibilité d'utiliser des problèmes pour faire apprendre les concepts de physique aux élèves, en redéfinissant les problèmes eux-mêmes ainsi que les rôles respectifs du maître et des élèves.* »
- pour favoriser la construction sociale des connaissances

Cet article s'inscrit dans ce deuxième courant mais il ne s'agit pas ici de faire apprendre aux élèves des concepts de physique. Dans le cas de controverses socio-scientifiques actuelles, les expertises scientifiques sont en conflit, les discours sont contradictoires et les incertitudes nombreuses. Leur enseignement constitue des situations-problèmes particulières. Selon les finalités éducatives que l'on cible, il peut s'agir de contribuer à la formation socio-épistémologique des élèves. Par exemple, leur permettre de comprendre la nature de la recherche scientifique, d'appréhender le rôle essentiel des incertitudes, du débat et de la construction rhétorique dans l'élaboration des savoirs, de comprendre les caractéristiques et les limites des preuves scientifiques.

D'autres travaux ont concerné un mode didactique appelé *débat scientifique* dans la classe (Johsua & Dupin, 1989). La fonction du problème dans le débat a notamment fait l'objet d'études (Orange, 1997). Pour Orange (2003), « *les savoirs scientifiques sont des savoirs raisonnés, résultants de la construction de problèmes explicatifs* » et le débat vise le dépassement « *d'une connaissance commune, d'une opinion non questionnée, à un savoir scientifique, possédant un certain degré de nécessité. Les fonctions de ce débat ne se limitent pas alors à l'explication et à la fissuration des conceptions : c'est avant tout la construction de raisons-contraintes et nécessités portant sur les solutions possibles qui est visée.* »

problématisation
par mise
en discussion sociale
de la controverse

De notre part, nous considérons les savoirs comme répondant à des contextes, des projets ou des problèmes différents. Dans l'esprit des approches socio-constructivistes, le débat vise ici la construction sociale des connaissances. L'activité de problématisation est liée à l'élaboration collective par les élèves d'un ensemble de représentations de la controverse. Lors de la mise en discussion sociale de la controverse, les interactions sociales peuvent conduire à des conflits socio-cognitifs lorsque les élèves prennent en compte le point de vue d'autrui, acceptent de se décentrer par rapport à leurs propres représentations et surmontent les conflits. Cependant comme le soulignent Schneeberger et Ponce (2003), « *pour être efficaces, les situations faisant appel au conflit socio-cognitif*

comment les élèves
argumentent-ils ?

doivent obliger les partenaires à résoudre le conflit non pas sur le plan relationnel (soumission sociale) mais sur le plan cognitif. Le cas échéant, ce type d'interaction est peu bénéfique pour celui qui se soumet à la proposition des autres ». Au contraire, Schneeberger et Ponce (2003) indiquent que « *dans certains cas, on assiste à une véritable co-construction d'une solution par apports successifs des partenaires sans désaccords* ». Regrouper des élèves en petits groupes de discussion ne constitue pas nécessairement un dispositif qui favorise un processus de co-construction des connaissances dans la mesure où dans de nombreuses situations les sujets abandonnent leur représentation ou l'imposent à autrui.

comment les élèves
construisent-ils
des preuves
en groupes
de discussion ?

Ainsi, dans cet article, nous avons exploré les possibilités et les limites d'un jeu de rôle pour permettre aux élèves d'appréhender une controverse socio-scientifique. Les jeux de rôle sont couramment utilisés par des didacticiens des sciences européens (Kölsto, 2001 ; Lewis & Leach, 2004 ; Mork & Jorde, 2003 ; Patronis, Potari & Spiliotopoulou, 1999) ainsi que dans notre unité de recherche (Simonneaux, 2001a). Nous avons étudié ici dans quelle mesure la préparation en classe par des groupes d'élèves d'un jeu de rôle sur l'éventuelle dangerosité des téléphones cellulaires leur permet de s'engager dans une activité de problématisation de la controverse. En particulier, nous avons tenté d'identifier comment les élèves problématisent les savoirs issus de la recherche et comment ils construisent leurs arguments. Pour Orange (2003), des argumentations de preuve visant à établir l'impossibilité ou la nécessité d'un énoncé explicatif sont au cœur de la problématisation. Ainsi, nous avons tenté de cerner comment les élèves argumentent et construisent des preuves lors de discussions en groupes dans le contexte de la préparation d'un jeu de rôle sur une controverse socio-scientifique.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Préparation en classe du jeu de rôle

jeu de rôle

Nous avons réalisé en classe une étude de la question controversée de la dangerosité des téléphones cellulaires avec des élèves de 1^{re} de série technologique de l'enseignement agricole. Du point de vue méthodologique, le format d'investigation privilégie l'aménagement d'un contexte de discussion entre élèves à propos de cette controverse socio-scientifique.

autour de
la dangerosité
des téléphones
cellulaires

Afin de favoriser la formation socio-épistémologique des élèves de l'enseignement secondaire, des situations d'enseignement sur des questions socio-scientifiques controversées ont été proposées (Leach, 2001). « *Les téléphones cellulaires sont-ils dangereux pour la santé ?* » est une situation-débat (Albe & Simonneaux, 2003) inspirée d'un module de formation développé par un groupe de chercheurs et d'enseignants pour

étude dans deux
petits groupes
de discussion...

permettre aux élèves de développer leur compréhension et l'évaluation de la qualité de données scientifiques (Hind, Leach, Ryder & Prideaux, 2001).

Nous avons conduit cette étude de la question controversée de la dangerosité des téléphones cellulaires avec une classe de douze élèves de série technologique de l'enseignement agricole (STAE) (2) pendant une séance ordinaire d'environ deux heures (3). Cette étude s'est déroulée de la façon suivante.

En introduction, le thème de la leçon est présenté aux élèves (cinq minutes). Sa nature inhabituelle est précisée : la leçon nécessitera peu de prise de notes et beaucoup de discussions. Il s'agira d'estimer la qualité de données scientifiques sur cette question controversée. Des titres de journaux et articles issus de l'actualité sont rétro-projetés (4). Des questions que cela pose sur les technologies et les sciences et leur impact dans la société sont présentées aux élèves.

...de textes issus
de recherches
en cours

Ensuite, chaque élève donne son avis par écrit sur l'éventuelle dangerosité des téléphones cellulaires (cette phase dure cinq minutes). Puis, le fonctionnement des téléphones mobiles est brièvement présenté aux élèves (en cinq minutes). À partir du spectre des ondes électromagnétiques, étudié en classe de seconde et en BEPA (5), les élèves tentent d'identifier les ondes qui entrent en jeu dans le fonctionnement des téléphones portables, puis tentent de situer les micro-ondes sur le spectre. Les fréquences des portables utilisés en France sont précisées et le fonctionnement du réseau de téléphonie mobile est détaillé.

Ensuite, l'activité qui constitue le cœur de la leçon est présentée aux élèves. Il s'agit d'un jeu de rôle : Les élèves jouent le rôle d'avocats dans le cas d'un procès où un employé poursuit son employeur pour son mauvais état de santé, qu'il estime dû à l'usage du téléphone portable et en raison duquel il a dû quitter son travail.

Les élèves se répartissent en deux groupes : les avocats de la partie civile et de la défense.

– Le groupe A défend la victime et la thèse selon laquelle les téléphones portables sont dangereux pour la santé ;

(2) *Sciences et technologies de l'agronomie et de l'environnement.*

(3) Plus précisément, deux créneaux horaires de cinquante minutes chacun, regroupés en une seule séance dans l'emploi du temps ordinaire de cette classe.

(4) Les grands titres de l'actualité sur les téléphones cellulaires :
Téléphone portable : pas de risque de cancer, mais... La dépêche du midi 13 février 2001.
Allo ? cerveau bobo. Libération 28 septembre 1999.
Le téléphone portable monte-t-il au cerveau ? Libération 25 mai 1999.
Les portables ne favoriseraient pas les tumeurs. Libération 30 août 2002.
Les mobiles sont-ils nocifs ? Le Monde 10 mars 1999.
Portables et cancer. La Recherche n° 337 décembre 2000.

(5) *Brevet d'études professionnelles agricoles.*

le langage ;
une activité sociale
permettant
l'élaboration du sens

– Le groupe B défend l'employeur et la thèse selon laquelle les téléphones portables ne sont pas dangereux pour la santé.

L'enseignante de sciences physiques qui assure les enseignements dans cette classe constitue le jury, et je joue le rôle du procureur chargé d'animer le procès. Nous avons fait ce choix car des recherches ont pointé le fait que lorsque l'enseignant anime le débat, les élèves peuvent être conduits à adopter ce qu'ils supposent être son opinion, et le débat s'en trouve biaisé (Simonneaux, 2001b).

Le dossier est ensuite distribué aux élèves. Il est constitué de sept extraits de recherche actuelles et d'un tableau destiné à les aider à organiser leur étude de ces textes issus des recherches. Ces recherches portent sur l'apparition de maladies sur des animaux, des enquêtes épidémiologiques, des tests sur la mémoire (voir annexe).

Chaque groupe étudie les documents et se prononce sur les recherches en utilisant le tableau. Puis il rédige les arguments selon lesquels les téléphones portables sont (groupe A) ou ne sont pas (groupe B) dangereux pour la santé et ceux qu'il prévoit de développer face à l'autre groupe pendant le jeu de rôle. Cette phase a duré au total environ cinquante minutes.

Enfin, le jeu de rôle est réalisé. Le groupe des avocats de la partie civile présente les preuves selon lesquelles les téléphones portables sont dangereux pour la santé, puis le groupe des avocats de la défense fait de même pour soutenir que les téléphones portables ne sont pas dangereux pour la santé. S'en suit un débat contradictoire. Cette phase a duré environ trente-cinq minutes.

3.2. Analyse des discussions de groupe

analyse
des discours
des élèves

Toute la leçon a fait l'objet d'enregistrements audio et vidéo. Les discussions dans chaque groupe d'élèves ont également été enregistrées. La totalité des échanges a été retranscrite.

Nous avons procédé à une analyse de contenu des *verbatim*. En particulier, nous avons tenté d'identifier comment les élèves interprètent les textes issus de travaux de recherche, ce qui fait l'objet d'accords ou de désaccords et comment les élèves construisent leurs arguments.

Considérant que le langage est une activité sociale qui permet l'élaboration du sens et que structuration de la pensée et échanges langagiers sont liés (Billig, 1987), nous nous sommes centré sur les pratiques discursives des élèves et leur construction de savoirs plutôt que sur les caractéristiques linguistiques du discours lui-même (Edwards & Mercer, 1987).

Notre posture analytique est inspirée des approches ethnométhodologiques (Castanheira, Crawford, Dixon & Green, 2001). Parce que nous nous situons dans l'approche de la cognition sociale, nous analysons les pratiques discursives au sein des groupes d'élèves sans séparer la cognition du social, comme le suggèrent Kelly et Crawford (1997). Pour ces

approche
ethnométhologique

auteurs, la rationalité est locale, contingente, et dépendante des groupes sociaux. Ainsi, nous analysons l'ensemble des échanges au sein des groupes dans la mesure où les interventions des élèves dépendent du contexte de l'ensemble de la discussion (Pontecorvo, 1993). Pour cela, nous suivons pas à pas les échanges verbaux des élèves pour identifier les arguments élaborés dans cette activité. Les argumentations de preuve développées dans les groupes nous informent ensuite sur les activités de problématisation des élèves.

4. DISCUSSIONS DANS LE GROUPE A

les élèves
débattent

Au cours des discussions de ce groupe, cinq points font l'objet de désaccords et de débat. La première question soulevée porte sur la validité du lien entre les résultats obtenus sur des animaux et les effets chez l'homme. L'affirmation de ce lien fournirait en effet aux élèves de ce groupe un argument de preuve pour défendre leur thèse selon laquelle les téléphones cellulaires sont dangereux pour la santé en s'appuyant sur des extraits de recherche. Les discussions s'orientent ainsi autour d'un débat que l'on peut résumer par la question suivante : « *l'homme est-il un animal ?* ». Voici l'extrait de verbatim correspondant :

Arnaud (6) :	<i>De toute façon on a tout intérêt à dire qu'il y a un lien.</i>
[...]	
Sébastien :	<i>Mais justement, le lien, il faut le démontrer.</i>
Arnaud :	<i>Hé bien, tu mets que ce sont des cellules animales, et que nous aussi on est constitués de cellules animales. Pourquoi ça marcherait chez l'un et pas chez l'autre ? [...] On peut pas leur dire : « Non, non, il n'y a pas de problème, c'est pas dangereux. »</i>
[...]	
Sébastien :	<i>Bon, [Arnaud], pour le premier, là. Moi je te dis que ce n'est pas cohérent parce que nous on est des mammifères et eux c'est des cellules animales.</i>
Katia :	<i>Oui on est des mammifères et eux c'est des cellules animales.</i>
Arnaud :	<i>Oui, mais c'est quand même le règne animal.</i>
Sébastien :	<i>Oui, mais il est grand, le règne animal.</i>
Arnaud :	<i>Tu ne vas pas leur dire aux autres : « Oui, de toute façon vous avez raison, le portable ».</i>
Sébastien :	<i>On pourra dire oui, autre part, il y en a plein...</i>
Arnaud :	<i>Il faut dire oui partout.</i>
William :	<i>Comme ça on est sûrs.</i>
Arnaud :	<i>Eux ils vont dire non partout, alors...</i>
Sébastien :	<i>Bon, donnez votre opinion, là, qu'on soit plusieurs et après on vote.</i>

(6) Les prénoms des élèves ont été modifiés.

résultats obtenus
sur des animaux
et effets
chez l'homme
sont-ils corrélés ?

Les premiers échanges concernent la stratégie du groupe : il faut démontrer le lien entre résultats obtenus sur des animaux et effets sur l'homme et ne pas simplement l'énoncer. Arnaud argumente alors que l'homme est « *constitué de cellules animales* », et plaçant ainsi l'homme et l'animal dans la même catégorie cela justifierait que les résultats obtenus pour l'un, soient valides pour l'autre. Arnaud revient ensuite sur des éléments stratégiques, signalant qu'ils ne peuvent pas se ranger à la thèse de l'autre groupe, selon laquelle les téléphones ne sont pas dangereux, justifiant par là ses interventions précédentes. Mais l'argument d'Arnaud pose problème aux autres. Sébastien contre-argumente : l'homme n'est pas un animal, mais un mammifère et il se réfère à l'extrait de recherche n° 1. Dans ce texte, il est évoqué la mise en œuvre d'expériences similaires à celles conduites sur des nématodes sur des « *cellules de mammifères* ». Katia acquiesce, reprenant les propos de Sébastien. Il s'agit ici de distinguer l'homme et l'animal dans un procédé rhétorique de particularisation. Arnaud reconnaît alors sur l'idée que mammifères et cellules animales sont des entités différentes, mais il les place dans une même catégorie « *le règne animal* ». À son tour, Sébastien marque son accord avec cette catégorisation, mais il précise que cette catégorie est large, ce qui lui permet de maintenir l'idée d'éléments différents à l'intérieur de ce grand ensemble.

Les échanges reprennent ensuite sur la stratégie à adopter, la question « *l'homme est-il un animal ?* » reste alors provisoirement en suspens. On peut ainsi considérer qu'à cet instant, des considérations de nature stratégique empêchent l'argumentation de preuve par les élèves. L'enjeu du jeu de rôle, gagner le procès, prend alors le pas sur la construction sociale de connaissances au sein du groupe. Comme le soulignent Goffard et Goffard (2003) à propos d'activités de résolution de problème en physique par de petits groupes d'élèves, la tâche à résoudre influence les interactions des élèves.

un vote
pour dépasser
les désaccords

Sébastien propose de voter pour décider si le lien entre les résultats obtenus sur des animaux et les effets chez l'homme est valide. Arnaud ayant déjà proposé de répondre par l'affirmative car cela sert leur thèse selon laquelle « *les téléphones sont dangereux* », il s'adresse aux deux élèves du groupe qui étaient jusqu'à présent silencieuses, puis à William qui n'avait pas indiqué son avis sur ce point. On peut remarquer qu'à cette occasion, l'invitation à s'exprimer s'accompagne de l'annonce d'une lourde responsabilité « *tout repose sur toi maintenant* ».

Ici, les élèves peuvent parvenir à un accord par un processus de soumission sociale de certains plutôt qu'à une élaboration collective de connaissances, comme le font remarquer Schneeberger et Ponce (2003).

Finalement, le vote indique que le oui est majoritaire, et les deux élèves (Sébastien et Katia) qui considèrent que ce lien entre les résultats obtenus sur des animaux et les effets chez

considérations
stratégiques
dans l'argumentation
de preuve
des élèves

l'homme n'est pas valide acceptent le résultat du vote mais ne se rallient pas à cette position et émettent des doutes. Les autres n'y répondent pas car l'enseignante intervient (7) en leur indiquant de poursuivre l'étude des textes.

Finalement, ce sont des considérations stratégiques qui l'emportent pour l'adoption d'une position collective en faveur de ce lien entre les résultats obtenus sur des animaux et les effets chez l'homme ; il faut en effet que les élèves de ce groupe défendent dans le jeu de rôle la thèse de la dangerosité. Mais la question de considérer l'homme comme un animal et le lien entre les résultats de recherche obtenus sur les animaux et les effets sur l'homme est à nouveau discutée vers la fin de cette activité :

Sébastien :	<i>Ha non, on pourrait utiliser la 1, je pense plutôt. Comme ça on peut dire...</i>
William :	<i>Mais non, mais non, parce que c'est d'un lien possible. Alors là, on n'est vraiment pas sûrs.</i>
Arnaud :	<i>Là, c'est les nématodes ?</i>
Sébastien :	<i>On peut dire que si ça agit sur les vers, alors ça a peut-être une incidence sur nous.</i>
Arnaud :	<i>Voilà...</i>
Arnaud :	<i>C'est quand même avant tout des animaux enfin des...</i>
Sébastien :	<i>Oui, c'est vivant, c'est...</i>

parvenir
à un accord
par la discussion

Les élèves semblent ici s'accorder sur la catégorisation évoquée au début de leur discussion. Mammifères, êtres humains, vers, sont « *avant tout des animaux* », des êtres vivants et peuvent ainsi être considérés comme faisant partie d'une même catégorie, ce qui fournit aux élèves la possibilité d'argumenter sur le fait que des résultats obtenus sur un élément de cette catégorie soient valables sur un autre. Les extraits de recherche indiquant des effets sur les vers ou les mammifères (modification de la croissance cellulaire, de l'activité électrique cérébrale, apparition de cancers) peuvent dans ce cas constituer des preuves de la dangerosité des téléphones cellulaires pour la santé humaine.

Des éléments issus d'extraits de recherche font également l'objet de discussion et d'élaboration d'arguments à opposer à l'autre groupe.

L'extrait de recherche n° 2 soulève des interrogations : l'hippocampe serait trop profondément enfoui dans le cerveau pour être touché par les téléphones cellulaires. Cette question est soulevée à trois reprises lors de l'activité sans conduire à discussion, puis une quatrième fois pour faire l'objet d'élaboration d'arguments.

(7) Nous avons convenu de laisser les élèves discuter entre eux et de ne pas intervenir. Nous étions présentes pour éviter les « dérapages » et éventuellement répondre à leurs questions, et nous nous tenions en retrait par rapport à eux.

élaborer
collectivement
des arguments
dans les groupes
de discussion :

une activité
complexe

Arnaud propose de considérer que puisque des effets ont été observés sur l'hippocampe qui serait profondément enfoui dans le cerveau, pourquoi d'autres zones du cerveau ne seraient pas atteintes ? Les autres acquiescent avec enthousiasme et prolongent cette idée. Pour Katia « *si ça atteint une partie du cerveau [...] après, ça se propage partout* » comme dans le cas des tumeurs qui a été évoqué précédemment dans l'activité. L'élaboration collective d'arguments apparaît ainsi comme une activité complexe, où sont par exemple ré-intégrés des éléments précédemment évoqués. La discussion est ensuite interrompue par l'enseignante pour passer à la phase suivante, la réalisation du jeu de rôle.

Un autre point de discussion porte sur l'extrait de recherche n° 3 qui indique : « *ça améliore les [...] capacités de mémoire* ». William propose d'opposer à l'autre groupe l'argument suivant : l'effet bénéfique sur la mémoire est une réponse provisoire. Mais à ce moment-là de l'activité, cette proposition n'est pas discutée. Elle le sera vers la fin de l'activité. Arnaud reprend cet argument et le complète en indiquant que les effets à long terme seraient néfastes. Il appuie son propos d'un exemple dans le domaine du dopage, ce qui inscrit l'argument précédent dans une idée communément partagée, ce que Billig (1987) nomme un « *truisme culturel* » et permet ainsi de lui donner plus de poids, car comment contrer une telle lapalissade ? : « *C'est comme l'EPO, quelqu'un qui se pique à l'EPO, il va courir vite, mais après à 40 ans, il pète aussi* ». Mais Sébastien et William ne semblent pas convaincus.

introduction
dans l'argumentation
d'idées socialement
partagées.

Plus loin, Arnaud propose d'établir qu'à partir des extraits n° 2 et 3, on constate une modification de comportement. Sébastien complète en précisant comme conséquence ce qu'il avait déjà annoncé : le « *trouble de la mémoire* ». Arnaud développe son argument : « *Il y a modification du comportement donc ça a des effets sur la santé [...] ou sur le cerveau* ». William et Sébastien indiquent « *qu'on n'est pas sûrs que... [...] ce soit fiable* ». Puis Sébastien précise que les incertitudes concernent les effets à long terme et les élèves se mettent alors d'accord sur l'argument précédemment avancé par Arnaud : « *l'effet bénéfique sur la mémoire est une réponse provisoire, les effets à long terme seraient néfastes* ».

Un autre élément issu d'un extrait de recherche fait l'objet de discussions. Les élèves relèvent que dans l'extrait n° 5, il est indiqué que « *aucune augmentation dans le taux de tumeurs du sein de ces souris n'a été observée* » et ils prévoient que cela constituera un argument pour l'autre groupe lors du jeu de rôle. William propose un contre-argument pour s'opposer à l'autre groupe (« *[...] c'est que sur des souris et sur une seule tumeur* ») mais sa proposition n'est pas collectivement discutée. Arnaud propose de considérer que la durée de l'expérience serait insuffisante pour le développement d'un cancer. Sébastien s'y oppose considérant que cette durée est

les élèves
organisent
un vote...

...pour adopter
une position
collective

les élèves
peuvent inventer
des éléments
de preuve

suffisante. Arnaud et William développent : « *Si on l'avait laissé plus longtemps, peut-être qu'il y aurait eu des risques* » selon le principe que « *plus tu exposes plus tu as de risques.* »

Sébastien s'oppose à cet argument. Pour lui, la durée est suffisante, le temps d'exposition journalier est suffisamment long. Arnaud s'y oppose et particularise l'argument précédent : « *peut-être qu'en vingt heures, dix-huit mois c'est quand même trop court* ». Les échanges entre Sébastien et Arnaud sont alors vifs (ils évoquent tour à tour la durée moyenne d'utilisation journalière d'un portable, les durées des forfaits, l'âge moyen de l'apparition des cancers dans la population). Sébastien déclare que l'expérience est valable et propose de voter. Les élèves recourent ainsi à une procédure de vote quand ils ne peuvent pas dépasser un conflit par la discussion. William critique alors le protocole expérimental, pour pouvoir disposer de résultats valables la durée de l'expérience aurait dû être plus longue et le temps d'exposition par jour moins important.

D'une certaine manière, il propose par cette remarque un accord : dix-huit mois c'est trop court et vingt heures trop long. Mais ces propos ne sont pas suivis. Pour Katia « *tant que ce n'est pas fiable, on n'en sait rien* », cette formulation semblant indiquer que la recherche n'est pas encore en mesure d'apporter de réponses. Pressées de donner leur avis, Agnès déclare que la recherche « *est valable* » mais que la durée est trop courte et Marianne indique tout d'abord qu'elle ne sait pas puis alors qu'elle va exprimer son avis est coupée sèchement par Sébastien. La discussion s'oriente ensuite sur une autre question et les élèves reviennent sur cet argument de l'extrait de recherche n° 5 plus loin dans l'activité. Ils prévoient que l'autre groupe va l'utiliser. Arnaud et William font alors remarquer que dans l'extrait de recherche n° 4 la durée d'exposition journalière n'est pas précisée et William propose de considérer une durée moins importante. L'introduction de ce nouvel élément tend à renforcer leur argumentation : même avec une durée d'exposition journalière plus faible, les souris ont développé des lymphomes. L'argument ainsi élaboré constitue alors une preuve de la dangerosité des téléphones cellulaires. On constate ici la nécessité pour les élèves d'inventer des éléments de preuve pour argumenter. Prévoyant les arguments que les élèves de l'autre groupe peuvent développer au cours du procès, les élèves sont alors conduits à ajouter des éléments qui ne figurent pas dans les résultats de recherche contradictoires mais sont en faveur de la thèse à défendre et on constate à nouveau que l'enjeu du procès influence l'argumentation de preuve des élèves.

On remarque également que ce qui leur pose problème ici se concentre sur la question de la durée d'exposition journalière, un facteur qui « *peut jouer* », et qu'ils n'évoquent pas le fait que dans ces deux études les souris utilisées soient génétiquement modifiées pour être plus sensibles au lymphome

(extrait 4) ou au cancer du sein (extrait 5). Remarquons que les échanges sont alors interrompus parce qu'un téléphone portable bipe !!

Ils reviennent sur cette question en fin d'activité. William propose d'utiliser l'extrait de recherche n° 4 où « *deux fois plus de souris exposées aux radiations ont développé des lymphomes.* » pour répondre à l'autre groupe qui va utiliser l'extrait n° 5. Sébastien soulève alors que les souris ont été génétiquement modifiées dans cette recherche n° 4 et qu'il faudra alors taire cette information, mais il vérifie l'extrait n° 5 et il apparaît que les souris sont également génétiquement modifiées. William propose alors de formuler leur argument : « *la recherche 4 est identique à la recherche 5 mais deux fois plus de sujets ont été atteints* ».

l'enjeu du procès
influence
l'argumentation
de peure des élèves

Un autre élément issu d'un extrait de recherche fait l'objet de discussions. Les élèves argumentent à partir de l'extrait de recherche n° 7. Ils s'accordent sur le fait qu'il est plus pertinent d'utiliser les pourcentages et formulent leur argument : « *sur les trente personnes atteintes de cette maladie-là, 40 % utilisaient des téléphones, [...] alors que dans le groupe contrôle, où il n'y avait pas de cancer... seulement 18 % les utilisaient [...] donc il peut y avoir une relation de cause à effet...* ».

Puis Sébastien identifie une faiblesse dans leur argumentation ; il considère que les pourcentages ne sont pas assez importants. Les autres élaborent de nouveaux arguments pour contrer cette faiblesse ou apportent une garantie à partir du texte qui présente cette recherche. Pour William cela indique un début : « *mais on commence à en avoir* ». Katia signale que le groupe des personnes atteintes de cancer est de 450 et Arnaud souligne à cette occasion une difficulté de ce type de recherche : « *Attends, déjà il faut que tu trouves les personnes qui ont un cancer... du cerveau...* ». Sébastien soulève alors une autre faiblesse dans leur argumentation : le neurocytome n'est qu'un cancer particulier. Cela irrite Arnaud qui l'interroge sur la différence de pourcentages : « *Pourquoi il y en a 40 % d'un côté et 18 % de l'autre ?* ». Sébastien admet que cette différence est significative.

les élèves
recherchent
la formule
la plus percutante
pour argumenter

La discussion s'oriente alors vers la reformulation de l'argument précédemment élaboré. Arnaud propose d'établir une loi de proportionnalité : « *plus le pourcentage d'utilisateurs est élevé et plus le risque de cancer...* ». Mais Sébastien fait remarquer qu'il s'agit « *d'une forme particulière de ce cancer* » alors il reformule en utilisant la différence de pourcentages, élément qu'ils avaient précédemment identifié comme déterminant dans leur argumentation : « *le nombre de pourcentage étant différent...* ». William propose de préciser cette différence, ce qui indique que les élèves sont à la recherche de la formule la plus percutante, la plus efficace pour argumenter. Ils s'accordent sur la formule suivante : « *Le nombre de pourcentage étant plus élevé chez les personnes atteintes, nous pouvons*

dire que cette maladie peut être liée au téléphone ». Cet argument constitue une preuve de la dangerosité de l'utilisation des téléphones cellulaires. L'enseignante intervient ensuite pour les informer qu'il ne reste que cinq minutes avant la tenue du procès.

5. DISCUSSIONS DANS LE GROUPE B

non dangerosité
des téléphones
cellulaires :

une thèse difficile
à défendre

Les discussions du groupe B sont traversées pendant toute la deuxième partie de l'activité (8) par l'expression par les élèves de difficultés : difficulté à trouver dans les textes des arguments pour défendre leur thèse (« *les textes ne veulent rien dire* », « *ils sont tous en faveur de l'autre groupe* », « *en fait, on sait qu'on a tort* » etc.). Une élève constate que lors de l'élaboration d'arguments à propos de l'extrait de recherche n° 3 « *on a pris le mauvais sujet* », ce qu'une autre répète un peu plus loin et elle ajoute : « On est tout seuls, ils sont tous contre nous » (Caroline).

Ils évoquent le fait de manquer d'informations en précisant par exemple à propos de l'extrait de recherche n° 1 : « *Ils disent qu'ils sont bombardés de micro-ondes, donc on ne connaît pas quel est le flot d'ondes qu'on leur envoie, donc c'est sûr que si on leur envoie je ne sais pas combien de fois plus que les téléphones portables, ce n'est pas comparable. Il n'y a pas assez d'informations* » (Nathan).

D'autres propos indiquent leur désarroi face au fait que les recherches soient en désaccord et qu'aucun texte ne leur permette d'apporter la preuve que les téléphones ne sont pas dangereux, comme l'illustrent les extraits suivants :

Cécile :	<i>La 6 et la 7, c'est l'inverse.</i>
Caroline :	<i>L'une dit que c'est négatif et l'autre dit que c'est positif. Il y en a un qui te dit que ça fait rien et un qui te dit que ça fait.</i>
[...]	
Nathan :	<i>Mais à chaque fois on n'est pas sûr que ce soit le téléphone portable, alors...</i>
Une fille (9) :	<i>Ils se contredisent.</i>
[...]	
Cécile :	<i>Ce que l'on demande, c'est les preuves qui disent que le téléphone n'est...</i>
Caroline :	<i>Des preuves qui disent que ce n'est pas dangereux, donc on peut rayer ceux qui disent que c'est dangereux.</i>
Fabien :	<i>Il y en a aucun qui dise que c'est pas dangereux quand même.</i>

(8) La première est consacrée à l'étude des textes.

(9) La voix n'a pas pu être identifiée.

désarroi face
aux désaccords
entre les
recherches

Ils pointent notamment le fait que les résultats ne sont pas fiables et que les chercheurs se basent sur « *des hypothèses qui ne sont pas forcément justes* ». Nathan indique plus loin que « *les expériences à chaque fois ne sont pas fiables à 100 %* » et Fabien lui répond : « *mais il faut bien défendre notre thèse* » ce qui les amène ensuite à préciser leur stratégie : contredire les arguments avancés par l'autre groupe.

Auparavant ils s'étaient interrogés sur la tactique à adopter, comme l'indiquent les échanges suivants :

Nathan :	<i>Bon, s'ils nous contredisent, on dit quoi comme contre-argument ? S'ils nous disent : hé non...</i>
Fabien :	<i>Hé bien, on va les contre-contredire.</i>
Nathan :	<i>Tu te débrouilleras parce que moi je vais rien dire.</i>
Fabien :	<i>Je vais me débrouiller.</i>
Nathan :	<i>Tu diras : ouais vous avez raison.</i>
Fabien :	<i>[utilise son nom de famille] va dire, non, c'est tout, point. C'est comme ça, point.</i>
[...]	

Il s'agit alors d'asséner des arguments avec force et conviction et aussi de mentir :

Nathan :	<i>Bon, déjà on peut dire qu'il n'y a pas d'expérience qui sont...</i>
Fabien :	<i>Il ne faut pas leur dire ça aux autres.</i>
[...]	
Fabien :	<i>Il ne faut pas dire ça du tout. Il faut qu'on mente.</i>
Nathan :	<i>Qu'on mente !</i>
Fabien :	<i>Il faut mentir.</i>

Fabien précise plus loin comment il compte s'y prendre pour inventer des éléments favorables à la défense de leur thèse :

Fabien :	<i>Moi, je vais en inventer des trucs, les expériences qui ne vont même pas exister.</i>
[...]	
Fabien :	<i>Hé, moi je vais le faire ça, je vais leur dire : « L'autre jour, à la télévision, j'ai entendu une expérience, notamment sur le téléphone portable. Donc il y avait 650 cobayes qui ont eu des ondes cellulaires, c'est-à-dire comme le téléphone portable, pendant... »</i>
Cécile :	<i>18 mois.</i>
Fabien :	<i>Pendant 2 ans...</i>
Max :	<i>Pendant 24 mois.</i>
Fabien :	<i>Maintenant s'ils me demandent : « Oui, comment ils ont fait ? » Pfff</i>
Une fille :	<i>Sur quelle chaîne ?</i>
Une fille :	<i>Tu dis j'ai pas compris.</i>
Fabien :	<i>Ha, mais j'ai pas suivi ça, mais bon, ils ont dit qu'il n'y a eu aucune atteinte au cerveau, ni au cancer. Moi, je vais leur sortir.</i>
[...]	
Fabien :	<i>Il faut mentir, il faut mentir.</i>

Ainsi, face à un manque d'informations et en l'absence de preuves, de résultats « *fiabiles à 100 %* », de certitudes, Fabien propose d'« *inventer des preuves* ».

Cependant au cours de leurs échanges, ils ont identifié et élaboré des arguments à partir des textes présentant les extraits de recherche.

pour défendre
la non dangerosité
les élèves
prévoient...

Lors de l'étude des textes, Fabien fait remarquer que dans l'extrait n° 4 « *on a utilisé des souris qui ont été génétiquement modifiées pour augmenter leur...* » et Max complète en exprimant son opinion « *c'est pas bien* ». Nathan considère qu'alors les résultats de cette étude ne sont pas fiables : « *Ça fausse tout alors. C'est pas bien* ». Cette remarque trouve l'adhésion des autres. Plus loin dans l'activité, lors de la mise au point de leurs arguments, Nathan ré-affirme que « *pour la 4 et la 5 les souris sont génétiquement modifiées, donc, directement l'expérience n'est pas valable.* » et Cécile acquiesce : « *Elles sont génétiquement modifiées... Donc c'est pas fiable.* ». Mais Fabien s'oppose à utiliser cet argument, et indique que c'est à l'autre groupe de l'employer. Cécile lui répond qu'au contraire cela leur permet de contre-argumenter à propos des résultats de la recherche menée par Repacholi et son équipe (10) : « *Donc, ça c'est pour eux, ça avait des effets, mais toi tu dis on s'en fout que ça ait des effets, puisque de toute façon elles étaient génétiquement modifiées. [...] et que toi, tu n'est pas génétiquement modifié, tu peux téléphoner ça ne te fera rien.* »

...de contredire
les arguments
avancés
par l'autre groupe
et de mentir

On note qu'elle utilise un procédé rhétorique qui consiste à déplacer l'argument sur les individus et en l'occurrence de façon directe avec la désignation « *toi* ». Cela lui permet de renforcer son argumentation de preuve selon laquelle les humains n'étant pas génétiquement modifiés, l'utilisation de portables n'a pas d'effet sur eux.

ils élaborent aussi
des arguments
de preuve

Plus loin dans les échanges, on retrouve exprimée l'idée que « *ces deux expériences... sont faussées* » parce que les souris ont été génétiquement modifiées. Mais Nathan fait remarquer que la recherche présentée dans l'extrait n° 5 leur fournit une preuve de la non dangerosité des téléphones cellulaires : « *Celle-là, elle va nous aider pour nous défendre puisque les souris au bout de 20 heures par jour pendant 18 mois : "...aucune augmentation dans le taux de tumeurs du sein de ces souris n'a été observée..."*, donc ça veut dire qu'elles n'ont pas eu d'augmentation de cancer. »

Cécile s'y oppose car il s'agit dans cette recherche de cancers du sein et dans l'extrait n° 4 de lymphomes : [...] « *Donc peut-être que suivant les trucs c'est pas pareil.* » Cela provoque la perplexité des autres, puis Fabien oriente la discussion sur la durée de l'expérience mais cela n'est pas collectivement discuté. Nathan tranche : « *de toute façon, ce n'est pas valide,*

(10) Extrait de recherche n° 4.

elles sont génétiquement modifiées » et Fabien acquiesce : « *Oui, ça, ça va nous aider... donc ça sera valide* ». On constate alors que la question de la validité des résultats dépend fortement de l'enjeu de défense de leur thèse dans le jeu de rôle.

l'interprétation
des résultats
de recherche
par les élèves...

Par ailleurs, les élèves identifient dans l'extrait de recherche n° 3 que les temps de réponse sont améliorés de 4 %. Ils considèrent alors que cela leur fournit un argument pour prouver la non dangerosité des téléphones cellulaires. Mais Max signale son désaccord et développe ses raisons : « *parce que si ça améliore le temps de réflexion de 4 %, c'est ça, ça veut dire que ça a des effets sur le cerveau et si ça a des effets sur le cerveau ça veut dire que c'est nocif*. » Fabien contre-argumente : les effets sur le cerveau sont peut-être bénéfiques. Mais Max évoque « *tout ce qui est pas apporté naturellement...* ». Nathan propose alors un argument portant sur les effets à long terme avec lequel Fabien est d'accord et il signale un exemple : « *Regarde le dopage, ça améliore mais c'est nocif*. ». Ainsi leur discussion les conduit à adopter l'argument suivant : l'extrait de recherche n° 3 indique que ça améliore de 4 % les temps de réponse mais cet effet est provisoire, les conséquences à long terme ne sont pas bénéfiques. Marianne fait alors remarquer que l'argument d'augmentation de 4 % indiqué dans le texte est en faveur de leur thèse, mais Max indique que « *les pourcentages sont ridicules* ». La discussion se déplace ensuite sur l'extrait de recherche n° 7 pour décider s'il peut être utilisé ou non. Plus loin, Nathan reprend cet argument sur la faiblesse des pourcentages lors d'échanges à propos de l'extrait de recherche n° 1 et Fabien considère alors que les résultats de la recherche n° 3 ne peuvent pas être utilisés car le pourcentage est trop faible. Il apparaît alors qu'ici des considérations de nature stratégique et épistémologique influencent l'argumentation des élèves.

...fonction
de l'enjeu
du jeu de rôle

des discussions
influencées par
des considérations
stratégiques
et épistémologiques

Les élèves s'interrogent également à propos de l'extrait de recherche n° 7 : et si les maladies avaient une autre origine que l'utilisation du téléphone portable ? Caroline propose que Nathan pose la question à l'autre groupe et Cécile propose de trouver des arguments et des preuves. Les élèves n'en identifient pas et Cécile signale alors : « *Donc on ne sait pas si ça ne vient pas d'autre chose*. » Caroline conclut que « *les maladies peuvent provenir d'ailleurs* ». Puis elle indique : « *on part défaitistes*. » L'enseignante intervient alors pour les rassurer et les encourager et Fabien exprime que « *déjà on a trouvé un truc pour l'expérience n° 7* ». Puis il ajoute : « *donc c'est bon ; on a le 7, le 4 et le 5*. »

6. DISCUSSION

Une comparaison rapide met en évidence la différence des arguments élaborés au sein des deux groupes. Le groupe défendant la thèse de la dangerosité (groupe A) a élaboré plus d'arguments que l'autre groupe chargé de défendre la thèse opposée. On constate aussi que les élèves du groupe A ont élaboré des arguments dont la structure est plus complexe avec notamment des emboitements successifs. Les échanges au sein du groupe sont également plus nourris que dans le groupe B. Leur argumentation se base sur les extraits de recherche et d'autres éléments que les élèves intègrent dans leur discussion. Ils soulèvent notamment des débats à partir de l'interprétation des textes qui dépassent la stricte problématique de ces recherches (*L'homme est-il un animal ? Plus on utilise le téléphone, plus le risque de cancer augmente ? Quelle est la durée de développement d'un cancer ?*). Ils utilisent également des idées courantes sur l'effet des ondes pour élaborer des arguments (« *les ondes du téléphone portable perturbent le fonctionnement du cerveau* » [...] *des cellules nerveuses.* »). Les élèves élaborent des arguments en prenant également en compte des éléments stratégiques.

élaboration
des preuves
à partir
des extraits
de recherche...

Dans le groupe B, les élèves ont élaboré moins d'arguments que dans l'autre groupe à partir des résultats de recherche. Pour ces élèves, on constate un désarroi face à l'étude des textes, ils soulèvent de nombreuses critiques et expriment des difficultés à argumenter. Ces élèves ont soulevé des considérations épistémologiques comme les désaccords entre chercheurs, le manque de preuve, la non-fiabilité des recherches. Leurs arguments se basent principalement sur ces éléments épistémologiques et sur des éléments que les élèves introduisent en plus des extraits de recherche. Ils évoquent ainsi le fait que des effets bénéfiques à court terme puissent être néfastes à long terme comme dans le cas du dopage et que le cancer peut avoir des causes diverses. Ils adoptent une stratégie de défense basée sur la critique des extraits de recherche : critique des méthodologies (souris génétiquement modifiées, puissance des ondes), critique et mise en cause des recherches (« *les chercheurs se basent sur des hypothèses qui ne sont pas forcément justes* », « *les recherches se contredisent* », les comparaisons entre expériences sur les animaux et effets sur l'homme sont délicates). Les élèves prévoient de contredire au cours du jeu de rôle les arguments avancés par l'autre groupe sur la dangerosité.

...de considérations
stratégiques,
épistémologiques...

...de connaissances
sociales

Lors des discussions dans les deux groupes, on note l'intégration dans l'argumentation d'idées socialement partagées, ce que Billig (1987) nomme un « *truisme culturel* » (effets du dopage, apparition de cancers). De plus dans les deux groupes, il apparaît que des considérations de nature stratégique mais aussi épistémologique dans le cas du groupe B interviennent dans l'argumentation des élèves. Les considérations de nature

stratégique peuvent gêner l'argumentation de preuve par les élèves et les conduire à voter pour adopter une position collective lorsqu'un désaccord ne peut pas être dépassé par la discussion.

Ceci nous conduit d'une part à explorer les « argumentations de preuve » (Orange, 2003) développées dans les groupes et d'autre part à discuter la stratégie du jeu de rôle comme moyen d'amener les élèves à s'engager dans une activité de problématisation de la controverse socio-scientifique.

6.1. Argumentations de preuve

Des travaux ont montré que des élèves ont des difficultés à argumenter (Zeidler 1997 ; Chinn & Brewer, 1998), à présenter des arguments opposés (le pour et le contre) ou à présenter différents points de vue sur une même question (Driver, Newton & Osborne 2000). Ici, l'approche de la controverse par l'étude des textes nous semble favorable à la problématisation de la controverse par les élèves dans la mesure où ils développent des argumentations de preuve lors des discussions en groupes. Mais il apparaît que les élèves se sont approprié la controverse de manière différenciée, les élèves du groupe B témoignant de difficultés à élaborer des arguments pour défendre leur thèse de non-dangerosité. Apporter la preuve de l'innocuité des téléphones cellulaires est en effet impossible et cette centration sur la recherche de preuves scientifiques nous amène à interroger le rôle de la preuve pour les élèves. Des recherches ont montré que dans une épistémologie empirico-réaliste, la preuve est considérée comme l'élément central dans la résolution de la controverse (Bader, 2003 ; Driver, Leach, Millar & Scott, 1996 ; Sadler, 2004).

Pour Leach et Lewis (2002) beaucoup d'étudiants tendent à sur-évaluer le rôle des procédures empiriques dans la façon dont des controverses scientifiques pourraient être résolues et lors de justifications de points de vue sur des questions socio-scientifiques. La sur-évaluation des procédures empiriques et du rôle de la preuve a été observée lors de l'étude par les élèves de deux controverses : dérive des continents (cas historique dont on peut étudier aujourd'hui un savoir stabilisé) et irradiation des aliments (controverse socio-scientifique actuelle et incertaine). Driver, Leach, Millar et Scott (1996) soulignent que dans le cas de la controverse sur l'irradiation des aliments, une minorité d'étudiants reconnaît que la certitude est impossible. Dans le cas de l'hypothèse de Wegener sur la dérive des continents, Driver, Leach, Millar et Scott (1996) ont montré que les discussions des étudiants à propos de ces désaccords indiquent que l'origine de la controverse entre scientifiques est considérée comme due à un manque d'informations suffisantes, car « *si les scientifiques disposaient de plus de faits, alors une réponse serait claire* ».

Pour Bader (2002), les origines des controverses sur le réchauffement climatique résident pour les élèves dans une

les élèves
développent
des argumentations
de preuve...

...et problématisent
la controverse
de façon différenciée

rôle central
de la preuve

« difficulté temporaire liée au stade d'immaturité des sciences dans le domaine d'étude en question ». Dans ce contexte, la preuve semble constituer l'élément clé qui permettrait de résoudre la controverse. Ceci souligne l'importance des considérations de nature épistémologique dans l'appréhension de la controverse par les élèves. Il semble qu'ici la centration de l'activité sur l'évaluation de données scientifiques renforce cette recherche de preuves scientifiques par les élèves. En effet, le jeu de rôle est un procès dont le « dossier » est constitué d'extraits de recherches scientifiques. Ainsi, le jeu de rôle conduit les élèves à s'engager dans une activité de problématisation de la controverse socio-scientifique centrée sur la recherche de preuves scientifiques. Les éléments relevant d'autres considérations sont écartés de l'argumentation (par exemple le dossier médical du plaignant, le mode d'utilisation de son téléphone cellulaire, ses conditions de travail etc.) et évoqués après la réalisation du jeu de rôle lors de la discussion de sa réalisation.

Dans une étude sur la possibilité d'enfouir des lignes à très haute tension, Kölsto (2001) a fait évaluer aux élèves des documents de nature différente mais il a observé que seuls les documents scientifiques étaient retenus comme crédibles et légitimes par les élèves car produits par des experts. Ceci souligne l'importance de questionner la nature et les limites des savoirs scientifiques et de prendre en considération d'autres savoirs lors de l'étude de controverses socio-scientifiques. En effet, les élèves apparaissent comme piégés dans un répertoire empirico-réaliste qui les conduit à chercher des preuves scientifiques et la situation proposée pour le jeu de rôle semble renforcer cette centration sur les preuves.

6.2. Stratégie du jeu de rôle

les élèves
s'engagent
dans une
problématisation
de la controverse...

Les élèves se sont engagés dans des activités de problématisation de la controverse dans la mesure où ils développent des argumentations de preuve lors des discussions en groupes. Les stratégies argumentatives mobilisées par les élèves indiquent des procédés riches : reprise et complexification d'arguments évoqués, recherche de contre-arguments, des points forts et des faiblesses des arguments. Pour Roth et Lucas (1997), la panoplie des répertoires interprétatifs des jeunes est impressionnante. On note également que dans les deux groupes des considérations stratégiques sont discutées et orientent leur argumentation.

...centrée
sur la recherche
de preuves
scientifiques

Contrairement à des travaux où les discussions entre élèves portent principalement sur des aspects procéduraux des activités (Bianchini, 1997 ; Kittleson & Southerland, 2004 ; Richmond & Striley, 1996 ; O'neil & Polman, 2004), les discussions portent ici sur l'étude des textes et l'élaboration d'arguments.

argumenter...

Dans une étude sur le travail de groupes de 4 élèves à propos d'une épidémie de choléra à Londres au XIX^e siècle, Richmond & Striley (1996) ont par exemple souligné que la plupart des élèves sont tout d'abord préoccupés par la réalisation de tâches avec peu d'intérêt pour la compréhension des fondements conceptuels du problème à résoudre. Néanmoins, elles indiquent que l'élaboration d'arguments s'améliore au fur et à mesure des trois mois que dure l'activité et que leur engagement augmente aussi, ainsi que l'établissement de liens avec un contexte plus large. Mais de grandes disparités ont été observées selon les dynamiques de groupe.

...pour gagner
le procès ou...

Dans notre étude, la mise en discussion sociale de la controverse dans deux petits groupes d'élèves a conduit à une co-élaboration de connaissances au sein des groupes. Mais la polarisation du débat (pour/contre) peut poser des difficultés. Boulter et Gilbert (1995) indiquent que cette structure d'oppositions binaires et la polarisation du langage qu'elle provoque peut être un obstacle à la compréhension de questions complexes. Ici, il apparaît que les élèves devant défendre la thèse de la non-dangerosité expriment leur désarroi. Ils définissent une stratégie pour gagner le jeu de rôle en évoquant la nécessité de mentir, d'inventer des preuves, d'asséner des arguments avec force et conviction pour persuader l'autre groupe. Il s'agit alors d'argumenter pour convaincre et gagner le procès et non de problématiser la controverse.

...pour problématiser
la controverse
socio-scientifique ?

Ceci constitue une limite de la situation mise en œuvre pour l'étude de cette controverse socio-scientifique par les élèves. Pour Dewhurst (1992) adopter un autre point de vue que le sien peut aider à mieux comprendre mais il signale que ce n'est pas un processus évident dans la mesure où les controverses socio-scientifiques peuvent avoir une dimension affective forte. Comme dans le cas des conflits socio-cognitifs, la mise en œuvre d'un jeu de rôle pour amener les élèves à s'engager dans une activité de problématisation nécessite que les sujets acceptent la confrontation et s'engagent dans la discussion de façon honnête afin de modifier leurs propres représentations lors des interactions sociales. Remarquons que pour cette classe, il s'agissait de participer à un jeu de rôle pour la première fois et que cela constitue une activité inhabituelle par rapport aux séquences traditionnelles de sciences physiques. Le contrat didactique de ce type d'activité diffère et l'on peut supposer que lorsque les élèves réalisent des jeux de rôles ou des discussions en petits groupes régulièrement, une coutume s'établit en classe et structure la mise en discussion sociale de la question à débattre (comme le soulignent Richmond et Striley, 1996).

La constitution de petits groupes de discussion autour d'une controverse socio-scientifique est un dispositif où les interactions entre les élèves nécessitent d'être examinées attentivement car il ne favorise pas nécessairement un processus de co-construction des connaissances. Il apparaît

accepter
la confrontation
afin de s'engager
dans une activité
de problématisation

ici que des dynamiques de groupes différentes ont structuré les échanges de façon différenciée dans les deux groupes d'élèves. Pour le groupe A, on peut considérer que les interactions ont conduit à une co-élaboration des arguments et qu'alors la situation a permis la problématisation de la controverse. Au contraire dans le groupe B, les discussions ont conduit les élèves à argumenter pour gagner le procès et non pour problématiser la controverse.

Ceci nous conduit à esquisser des pistes pour remédier à ces faiblesses du dispositif du jeu de rôle. Pour éviter la confrontation binaire et une argumentation qui détourne l'enjeu du débat (le transformant en débattre pour gagner et pas pour problématiser, co-élaborer des connaissances), nous proposons de redéfinir les activités de groupe. Des travaux ont attribué des rôles socio-cognitifs aux élèves qui écoutent d'autres présenter leur travail (Herrenkohl & Guerra, 1995) et montré que par la suite, les échanges entre élèves sont plus importants. On pourrait par exemple faire étudier aux élèves des documents de sources diverses et pas uniquement des résultats de recherche afin que les élèves problématisent en commun un ensemble de questions à poser pour auditionner experts et contre-experts comme lors des conférences de citoyens.

7. CONCLUSION

Parmi les débats portant sur l'alphabétisation scientifique dans de nombreux pays, l'étude par les élèves de controverses socio-scientifiques a récemment été développée. Afin de contribuer à la compréhension de la façon dont les élèves appréhendent ces controverses, nous avons réalisé en classe une étude sur la question de la dangerosité des téléphones cellulaires avec des élèves de 1^{re} de série technologique de l'enseignement agricole. Au cours de la situation mise en œuvre en classe, les élèves ont eu à étudier des extraits de recherche actuellement menées et à élaborer des arguments pour défendre deux thèses opposées selon lesquelles les téléphones sont ou ne sont pas dangereux pour la santé et ceci pour participer à un jeu de rôle sous la forme d'un procès.

des controverses
socio-scientifiques
pour
l'alphabétisation
des élèves

Considérant que le langage est une activité sociale qui permet l'élaboration du sens et que structuration de la pensée et échanges langagiers sont liés (Billig, 1987), nous avons suivi pas à pas les échanges langagiers des élèves dans cette activité. Nous avons exploré les possibilités et les limites du jeu de rôle pour permettre aux élèves de s'engager dans une activité de problématisation d'une controverse socio-scientifique. Les élèves se sont engagés dans des activités de problématisation de la controverse dans la mesure où ils développent des argumentations de preuve lors des discussions de groupes.

une
problématisation
différentiée dans
les deux groupes
de discussion

Le groupe défendant la thèse de la dangerosité a élaboré plus d'arguments que l'autre groupe chargé de défendre la thèse opposée. Ces derniers ont soulevé des considérations épistémologiques comme les désaccords entre chercheurs et le manque de preuve. D'autres recherches portant sur l'étude par les élèves de controverses socio-scientifiques ont montré qu'ils considèrent la preuve scientifique comme l'élément central dans la résolution de la controverse. Piégés dans un répertoire empirico-réaliste et conduits à élaborer des preuves par la question à débattre, les élèves problématisent alors la controverse socio-scientifique en se centrant sur la recherche de preuves scientifiques.

La mise en discussion sociale de la controverse dans deux petits groupes d'élèves a conduit à une co-élaboration de connaissances au sein des groupes mais de façon différente selon les groupes. Pour le groupe A, on peut considérer que les interactions ont conduit à une co-élaboration des arguments et qu'alors la situation a permis la problématisation de la controverse. Au contraire dans le groupe B, les discussions ont essentiellement conduit les élèves à argumenter pour gagner le procès et non pour problématiser la controverse. Ceci constitue une limite de la situation mise en œuvre pour l'étude de cette controverse socio-scientifique par les élèves. Comme dans d'autres dispositifs, le jeu de rôle nécessite en effet que les élèves acceptent la confrontation et prennent part à la discussion de façon honnête afin de s'engager dans une activité de problématisation.

Virginie ALBE
École nationale de formation agronomique
virginie.albe@educagri.fr

BIBLIOGRAPHIE

AIKENHEAD, G.-S. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Paper presented at the European Science Education Research Association (ESERA) 2003 Conference. The Netherlands.

ALBE, V. & SIMONNEAUX, L. (2003). Procès sur les téléphones mobiles : impact sur la réflexion épistémologique d'enseignants. In V. Albe, C. Orange et L. Simonneaux, (Éds), (pp. 253, 260). *Recherches en didactique des sciences et des techniques : questions en débat*. Toulouse : ARDIST & ENFA.

BADER, B. (2002). Idéalisation des sciences chez des élèves de 17 ans et voies d'entrée vers un rapport renouvelé aux savoirs scientifiques. In *Actes des 3^e journées d'études franco-québécoises*. (pp. 77-91). Paris : La Sorbonne.

BADER, B. (2003). Interprétation d'une controverse scientifique : stratégies argumentatives d'adolescentes et d'adolescents québécois. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies* 3, 231-250.

BERLAN, J.-P. (2002). Une cerise sur le gâteau OGM. *Le Monde*, 4 novembre 2002.

BIANCHINI, J. (1997). Where knowledge construction, equity, and context intersect : Student learning of science in small groups. *Journal of Research in Science Teaching* 43, 1039-1065.

BILLIG, M. (1987). *Arguing and thinking : A rhetorical approach to social psychology*. Cambridge : Cambridge University Press.

BOULTER, C.- J., & GILBERT, J.-K. (1995). Argument and science education. In P. S. M. Costello & S. Mitchell (Éds.). *Competing and consensual voices : The theory and practice of argumentation*. Clevedon, UK : Multilingual Matters.

CASTANHEIRA, M.-L., CRAWFORD, T., DIXON, C.-N. & GREEN, J.-L. (2001). Interaction ethnography : an approach to studying the social construction of literate practices. *Linguistics and Education* 11, 353-400.

CHINN, C.-A. & BREWER, W.-F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623-654.

DEWHURST, D. (1992). The teaching of controversial issues. *Journal of Philosophy of Education* 26, 153-163.

DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. & SCOTT, P. (1996). *Young people's image of science*. Buckingham, UK : Open University Press.

DRIVER, R., NEWTON, P., & OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education* 84, 287-312.

DUMAS-CARRE, A. & GOMATOS, L. (2001). Mise au point d'un instrument d'analyse de l'évolution des représentations du problème pendant la résolution de problèmes de mécanique en groupes. *Didaskalia* 18, 11-40.

EDWARDS, D. & MERCER, N. (1987). *Common knowledge : The development of understanding in the classroom*. New York : Routledge.

FENSHAM, P.-J. (2002). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies* 2, 133-150.

GOFFARD, M. (1990). *Modes de travail pédagogique et résolution de problèmes de physique*. Thèse de doctorat, université Paris 7.

GOFFARD, M. & GOFFARD, S. (2003). Interactions entre élèves et résolution de problèmes. *Aster* 37, 165-187.

GRACE, M.-M. & RATCLIFFE, M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues. *International Journal of Science Education* 24, 1157-1169.

HERRENKOHL, L.-R. & GUERRA, M.-R. (1995). Where did you find your theory in your findings ? Participant structures, scientific discourse, and student engagement in fourth grade. *Paper presented at AERA annual meeting*.

HIND, A., LEACH, J. & RYDER, J. (2001). *Teaching about the nature of scientific knowledge and investigation on AS/A level science courses*. (Technical report). University of Leeds, UK.

HIND, A., LEACH, J., RYDER, J. & PRIDEAUX, N. (2001). *Teaching about the nature of scientific knowledge and investigation on AS/A level science courses*. Leeds : CSSME.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.-P. & PEREIRO-MUÑOZ, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers ? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education* 24, 1171-1190.

JOHSUA, S. & DUPIN, J.-J. (1989). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.

KELLY, G. & CRAWFORD, T. (1997). An ethnographic investigation of the discourse processes of school science. *Science Education* 81, 533-559.

KITTLESON, J. & SOUTHERLAND, S. (2004). The role of discourse in group knowledge construction : a case study of engineering students. *Journal of Research in Science Teaching* 41, 267-293.

KOLSTØ, S.-D. (2001). Students' argumentation : knowledge, values and decisions. *Actes du colloque de l'ESERA*. Thessalonique.

LEACH, J. & LEWIS, J. (2002). The role of students' epistemological knowledge in the process of conceptual change in science. In M. Limónet et L. Mason (Éds.). (pp. 201, 216). *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice*. The Netherlands : Kluwer academic publishers.

LEACH, J. (2001). Epistemological perspectives in science education research. *Actes du colloque de l'ESERA*. Thessalonique.

LEGARDEZ, A. & ALPE, Y. (2001). La construction des objets d'enseignements scolaires sur des questions socialement vives : problématisation, stratégies didactiques et circulations des savoirs. *Communication au 4^e Congrès de l'AECSE*. Lille.

LEWIS, J. & LEACH, J. (2004). Evaluating Classroom Discussion of Gene Technology – methodological issues and outcomes. In Gropengiesser, H., Janssen-Bartels, A. et Sander, E. (Éds.) *Lehren fürs Leben*. Cologne : Aulis Verlag Deubner.

Ministère de l'Éducation nationale (1999). L'enseignement des sciences au lycée. *Bulletin Officiel hors-série* 6.

MORK, S. & JORDE, D. (2003). Using information technology and controversy to promote discourse in science teaching. *Actes du colloque de l'ESERA*. Noordwijkerhout.

O'NEIL, D.-K. & POLMAN, J.-L. (2004). Why educate « Little Scientists ? » Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of research in Science Teaching* 41, 234-266.

ORANGE, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie : quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : PUF.

ORANGE, C. (2003). Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *Aster* 37, 83-108.

OULTON, C. DILLON, J. & GRACE, M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education* 26, 411-424.

PATRONIS, T., POTARI, D. & SPILIOTOPOULOU, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue : implications for teaching. *International Journal of Science Education* 21, 745-754

PEDRETTI, E. & HODSON, D. (1995). From rhetoric to action : implementing STS education through action research. *Journal of Research in Science Teaching* 32, 463-485.

PONTECORVO, C. (1993). Forms of discourse and shared thinking. *Cognition and Instruction*, 11, 189-196.

RICHMOND, G. & STRILEY, J. (1996). Making meaning in classrooms : Social processes in small-group discourse and scientific knowledge building. *Journal of Research in Science Teaching* 33, 839-858.

ROTH, W.-M., & LUCAS, K.-B. (1997). From « truth » to « invented reality » : A discourse analysis of high school physics students' talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching* 34, 145-179.

SADLER, T.-D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues : a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching* 41, 513-536.

SCHNEEBERGER, P. & PONCE, C. (2003). Tirer parti des échanges langagiers entre pairs pour construire des apprentissages en sciences. *Aster* 37, 53-82.

SIMONNEAUX, L. (2001a). Des situations-débats pour développer l'argumentation des élèves sur les biotechnologies : Compte rendu d'innovation. *Didaskalia* 19, 137-157.

SIMONNEAUX, L. (2001b). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23, 903-928.

ZEIDLER, D.-L. (1997). The central role of fallacious thinking in science education. *Science Education* 81, 483-496.

ANNEXE

Situation-débat :

Vous allez jouer le rôle de témoins experts dans le cas d'un procès :

Un employé des télécommunications poursuit son employeur alléguant que son mauvais état de santé, en raison duquel il a dû quitter son travail, découle de l'usage prolongé du téléphone cellulaire lorsqu'il était employé par la compagnie dans l'exercice de ses fonctions.

Vous vous répartissez en 2 groupes :

- **Le groupe A défend la victime et la thèse : « les téléphones portables sont dangereux pour la santé »**
- **Le groupe B défend la compagnie de télécommunications mobiles et la thèse : « les téléphones portables ne sont pas dangereux pour la santé »**

Recherche n° 1

Équipe de David De Pomeroy – université de Nottingham

Une équipe de chercheurs a bombardé de micro-ondes de minuscules vers, appelés des nématodes, choisis parce que leur biologie cellulaire est simple et bien connue. Dans une expérience, l'équipe a trouvé que les larves exposées durant toute une nuit à des doses de micro-ondes remuaient moins et croissaient de 5 % plus vite que celles du groupe contrôle. Ceci suggère que les micro-ondes pourraient augmenter la division cellulaire. Le groupe de recherche planifie maintenant de chercher si un effet similaire peut être observé sur des cellules de mammifères, un résultat qui pourrait accroître les craintes d'un lien possible entre la réception de micro-ondes et le développement du cancer.

Recherche n° 2

Équipe de John Tattersal – Agence de recherche et d'évaluation de la Défense

Cette équipe a exposé des coupes de cerveau de rats aux micro-ondes. Ils ont trouvé que l'exposition réduisait l'activité électrique et affaiblissait la réponse aux stimuli. Les coupes du cerveau proviennent de l'hippocampe, une partie du cerveau qui joue un rôle dans la mémoire. Cependant les chercheurs ont indiqué qu'ils croient que l'hippocampe est trop profondément enfoui dans le cerveau pour être touché par les téléphones cellulaires. Une recherche plus récente de l'équipe a montré que les synapses des cellules nerveuses peuvent devenir plus réceptives aux changements liés à la mémoire quand elles sont exposées aux micro-ondes.

Recherche n° 3

Équipe d'Alan Preece – université de Bristol

Deux groupes de personnes volontaires ont participé à cette recherche. On leur a projeté des mots et des images sur un écran. Un groupe portait un casque expérimental qui simule les émissions de téléphones cellulaires. On a projeté une seconde série de mots et d'images en demandant aux personnes de presser les boutons « Oui » ou « Non » selon qu'ils pensaient les avoir vus ou pas lors de la première projection. Il n'y a pas eu de différence entre les deux groupes dans le rappel des mots et des images. Mais les temps de réponse des personnes du groupe qui portait le casque expérimental étaient améliorés de 4 %. L'effet a été observé chez 4 groupes distincts de volontaires.

*Recherche n° 4**Groupe de recherche de Michael Repacholi – Hôpital Royal Adelaide*

Ce groupe de recherche a passé 18 mois à exposer des souris à des émissions simulant celles des téléphones cellulaires. Le groupe a utilisé des souris qui ont été génétiquement modifiées pour augmenter leur sensibilité au lymphome* afin de rendre l'expérience plus sensible. Ils ont trouvé que deux fois plus de souris exposées aux radiations ont développé des lymphomes, en comparaison à celles du groupe contrôle.

**lymphome* : tumeur généralement maligne développée aux dépens du tissu lymphoïde. Le tissu lymphoïde est l'ensemble des lymphocytes (globules blancs) qui jouent un rôle central dans l'immunité.

*Recherche n° 5**Experts de la base Brooks Air Force – San Antonio Texas*

Les experts ont utilisé des souris génétiquement modifiées plus sensibles aux cancers du sein dans une étude similaire à celle de l'équipe de Repacholi. Ils ont exposé les souris à des radiations durant 20 heures par jour pendant 18 mois. Aucune augmentation dans le taux de tumeurs du sein de ces souris n'a été observée.

*Recherche n° 6**Équipe de Lennart Hardell – Centre médical Orebro – Suède*

Une étude a été faite avec 209 personnes atteintes de tumeurs au cerveau et un groupe contrôle de 425 personnes. Elle a révélé que les usagers de téléphones cellulaires n'avaient pas développé davantage de cancers que les non utilisateurs. Parmi ceux qui avaient des tumeurs cependant, les usagers des téléphones cellulaires avaient 2,5 fois plus de probabilité de développer une tumeur à proximité de leur oreille collée au récepteur que les non utilisateurs. Parmi les 209 malades, 13 utilisaient les téléphones cellulaires ; ce résultat n'est pas statistiquement significatif.

*Recherche n° 7**Équipe de George Carlo – Recherche sur la technologie sans fil, Washington DC*

Ces chercheurs ont étudié 450 personnes ayant des tumeurs au cerveau et un groupe contrôle constitué de 425 personnes. Aucun lien particulier n'a été établi entre les cancers du cerveau et l'usage de téléphones cellulaires. Cependant la recherche a identifié un petit groupe de 30 personnes ayant une forme particulière de cancer appelé neurocytome*. 40 % des personnes de ce groupe étaient des usagers des téléphones cellulaires. Dans le groupe contrôle, où personne ne présentait de neurocytome, 18 % de personnes utilisaient le téléphone cellulaire. Ce résultat est statistiquement significatif.

**neurocytome* : tumeur rare du système nerveux, développée à partir des cellules proprement nerveuses ou neurones

DANS LE CADRE D'UN PARTENARIAT CONDUIRE PROGRESSIVEMENT DES ÉLÈVES À LA FORMULATION D'UN PROBLÈME SCIENTIFIQUE *un suivi de cohorte du CP au CE2*

Yves Girault
Catherine Lapérouse

Au sein d'une recherche collaborative effectuée sur le projet « Chercheurs en herbe », nous avons souhaité permettre d'une part à chacun des acteurs de ré-interroger ses propres pratiques, basées sur une activité d'observation de la nature, et d'autre part aux élèves de modifier leurs représentations sur le travail des chercheurs tout en les aidant à acquérir des connaissances fonctionnelles, c'est à dire réutilisables dans des contextes divers. Ces élèves ont donc été conduits à construire leur propre représentation d'un problème en utilisant deux types de ressources : des connaissances dont ils disposent et des informations présentes sur le terrain de recherche. La démarche lente et progressive conduite auprès de ces élèves a permis d'obtenir des résultats pertinents en permettant à certains d'entre eux de réaliser une activité de problématisation.

1. INTRODUCTION

pour assigner
une dimension
expérimentale
à l'enseignement
des sciences...

La nécessité de rendre plus effectif l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école, de lui assigner autant qu'il est possible une dimension expérimentale, de développer la capacité d'argumentation et de raisonnement des élèves, en même temps que leur appropriation progressive de concepts scientifiques a conduit à la mise en place du *Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire* (PRESTE) dont l'approche pédagogique est fondée « sur le questionnement et sur l'investigation, constitutifs des disciplines scientifiques ». (1)

...accompagner
les enseignants
dans la mise
en place
du PRESTE...

Afin d'atteindre ces objectifs un accompagnement des enseignants semble indispensable car l'enseignement scientifique et technologique paraît le plus souvent délaissé en raison de nombreuses difficultés rencontrées par les enseignants. Ainsi, selon Loarer (2002), seuls 15 % des enseignants français pratiquent des sciences à l'école maternelle et élémentaire. Ces derniers expriment d'ailleurs un réel besoin d'accompagnement puisque, lors de l'enquête menée en 2001 dans le cadre du rapport PRESTE, ils sont 29 % d'enseignants

(1) Ministère de l'Éducation nationale. *Bulletin Officiel* n° 23, 15 juin 2000.

...et réaliser
un maillage
entre école
et organismes
scientifiques

une recherche
collaborative
menée
dans les Ardennes

à identifier d'une part le besoin d'une aide pédagogique aux projets et d'autre part un accompagnement par une formation adaptée.

En réponse à ce constat, il est de plus en plus souvent recommandé de réaliser un maillage plus étroit entre l'école et les organismes qui font la promotion des sciences en dehors du réseau scolaire (2). « *Le partenariat entre les communautés scientifique et éducative est exploré et facilité par le niveau académique qui occupe une position privilégiée pour établir les contacts avec les centres scientifiques (écoles d'ingénieurs, universités, laboratoires, IUT, CCSTI, etc.). Ce partenariat peut déboucher sur des mises en œuvre locales comme des parrainages actifs donnant lieu à des interventions directes auprès des classes, à la conception de supports matériels pour les activités scientifiques, voire, le cas échéant, à un rôle de conseil ou de consultation sur des thèmes scientifiques* ». (3)

Ainsi, les musées scientifiques et les centres de recherche associés à diverses associations de protection de l'environnement, combinent le double mandat de promouvoir la recherche scientifique et de sensibiliser le public à la compréhension des phénomènes scientifiques. Pourtant, bien que ces organismes offrent souvent des activités structurées et pertinentes à destination des milieux scolaires, il n'existe pas suffisamment de coordination entre ces divers lieux de formation qui travaillent selon leur visée propre, engendrant peu de travaux d'évaluation et en conséquence peu de continuité du point de vue des apprenants (Girault, 1999, 2000). Les élèves, qui ont à construire progressivement leur pensée et leurs stratégies de résolution de problèmes, n'y voient le plus souvent qu'une occasion de divertissement, sans lien avec les principes plus théoriques abordés en salle de classe. Bien sûr, l'émerveillement est souvent au rendez-vous, mais il n'est pas toujours évident que son potentiel motivationnel soit réinvesti de façon heureuse, dans le développement d'une pensée rigoureuse et articulée, apte à jeter sur son environnement un regard critique et réfléchi.

Dans le cadre de la mise en place du PRESTE dans les Ardennes, et de la création par la communauté de communes de l'Argonne Ardennaise de Nocturnia, musée de la nature la nuit, une recherche action a été confiée à une équipe du Muséum. Il s'agissait de concevoir des animations qui

-
- (2) Françoise Héritier-Augé (1991), Les musées de l'Éducation nationale. Mission d'étude et de réflexion. Rapport au ministre d'État, ministre de l'Éducation nationale. La Documentation française, Paris.
Jeannine Geyssant (mai 1999). Rapport d'étape au ministre d'État, ministre de l'Éducation nationale de la Recherche et de la Technologie sur la collaboration entre les établissements d'enseignement et les institutions muséales scientifiques.
- (3) *Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école, Note de service N° 2000-078 du 8 juin 2000. Texte adressé aux rectrices et recteurs ; aux inspectrices et inspecteurs d'académie, directrices et directeurs des services départementaux de l'Éducation nationale.*

six cohortes d'enfants
suivies
pendant trois ans

seraient par la suite conduites en partenariat par des animateurs du *centre d'initiation à la nature* de Boulton au Bois (4) (CIN) et des chercheurs de la maison de la recherche de Boulton-aux-Bois (MdR) (5). Nous cherchions, dans le cadre de cette recherche collaborative (6), à permettre tout d'abord à chacun des acteurs (animateurs, chercheurs, conseillers pédagogiques, enseignants) de ré-interroger collectivement ses propres pratiques. Nous souhaitions également mettre en place un enseignement prenant du sens pour les élèves, en passant par la formulation de problèmes. Cet article rend compte d'une partie de la recherche en se centrant sur le suivi, pendant trois ans, d'une des six cohortes d'élèves (CP, CE1, CE2). En effet, pour diverses raisons, à la fois personnelles et d'organisation des écoles, une seule enseignante a pu suivre ses élèves en réseau d'éducation prioritaire (REP) pendant les trois années. Cette enseignante avait choisi de s'engager dans ce projet, car « *il consolidait le cadre pédagogique qu'elle avait coutume de mettre en place dans son enseignement (usage du questionnement, explicitation des procédures, travail de groupes...)* ».

Nous souhaitions donc, en nous basant sur le modèle de Bracke (1998b) que nous définirons ultérieurement, analyser la façon dont les élèves de cette cohorte ont pu progressivement arriver à formuler des problèmes. Nous montrerons ainsi que la mise en place d'une activité de problématisation n'est pas chose aisée pour les élèves. Elle ne l'a pas été davantage pour les enseignants, animateurs et chercheurs qui ont participé à ce projet et qui, sans un travail réflexif, n'auraient en aucune façon pu induire les résultats obtenus.

2. CONTEXTE DE LA RECHERCHE

2.1. Inscription dans une approche réflexive

Compte tenu des échecs soulignés par une approche techniciste d'une part et reconnaissant d'autre part le caractère construit, réflexif et contextuel du savoir de l'enseignant dans un champ d'intervention spécifique (Desgagné 2001 ; Bednarz, 2000 ; Girault 2005), il nous a semblé indispensable de nous engager dans une approche réflexive telle que

-
- (4) La commune de Boulton-aux-Bois est située au sud du canton de La Chesne, dans les paysages forestiers et de plaines humides de l'Argonne ardennaise.
 - (5) Ce projet de recherche a été financé par le ministère chargé de la Recherche, délégation régionale à la Recherche et à la Technologie de Champagne-Ardenne et la communauté de communes de l'Argonne ardennaise.
 - (6) Ce projet a réuni des enseignants et animateurs de quatre structures : le Muséum national d'Histoire naturelle, l'inspection académique des Ardennes, le *Centre de recherche et de formation en éco-éthologie de la communauté de commune de l'Argonne ardennaise* (2C2A-CERFE) et le *Centre d'initiation à la nature* (CIN) de Boulton-aux-Bois.

Schön la décrit (1983) (7) qui, par la comparaison des différents types d'intervention, permet d'explicitier et de faire évoluer les savoirs professionnels et les épistémologies sous-jacentes des enseignants, animateurs, chercheurs œuvrant dans cette action.

privilégier
l'approcheréflexive...

Nous avons ainsi été conduits à nous intéresser aux compétences et surtout aux modalités d'enseignement permettant d'associer les élèves à la construction de sens, en jouant sur deux ressorts : le travail de terrain réalisé au sein des journées d'animation en lien avec le travail de classe, et la formulation de problèmes.

...dans une équipe
pluridisciplinaire

Durant les animations à Boulton-aux-Bois, les enfants étaient pris en charge successivement par trois personnes différentes (un animateur du Muséum, deux animateurs du CIN), et au fur et à mesure de l'avancée du projet s'y ajoutait un chercheur de la MdR. On peut ainsi décrire le déroulement de ces animations : l'animateur du muséum accueillait les enfants, un temps d'évocation de la séance précédente à partir de questions des élèves était prévu, puis de nouvelles activités leur étaient proposées. Il s'agissait le plus souvent d'introduire, à l'aide d'animations en salle ou sur un terrain proche du CIN, les nouvelles démarches d'investigation qu'allaient utiliser les élèves. Deux animateurs du CIN guidaient par la suite les enfants pour les inciter à mettre en application sur le terrain ces nouvelles démarches d'investigation. Progressivement, un chercheur parrain de la classe participait à ces différentes activités. Ses interventions devenaient de plus en plus importantes au fur et à mesure de l'avancement du projet. Il devait apporter aux enfants une expertise pour valider leurs questions et leurs démarches, et il devait tenter de les remettre dans un contexte de recherche.

créer un climat
de confiance
favorisant...

De très nombreuses réunions (dix-huit journées de réflexions et d'échanges avec les animateurs et chercheurs pour préparer et évaluer les animations, et dix-huit demi-journées de réunions auxquelles participaient les enseignants et conseillers pédagogiques pour finaliser cette préparation et cette évaluation y compris des travaux effectués en classe), ont permis à chacun d'échanger sur ses propres représentations et ses pratiques dans le cadre des activités proposées. Un climat de confiance réciproque s'installant progressivement, chacun a pu présenter son analyse, les difficultés ressenties par rapport aux animations réalisées à Boulton-aux-bois et/ou les séances conduites en classe en liaison avec les animations. Tous ces éléments étaient pris en compte dans le

(7) Pour mémoire il nous faut rappeler que cette idée n'est pas totalement novatrice, elle était en effet déjà prônée par Dewey (1933) qui précisait en effet que l'expérience vécue ne devient occasion d'apprentissage que si elle est le départ d'une réflexion approfondie. Il opposait ainsi la pensée réflexive « *manière de penser consciente de ses causes et ses conséquences* » à la pensée spontanée.

... l'échange
sur les pratiques
de chacun...

... pour amorcer
une modification
de ces pratiques

cadre de la programmation de la suite du projet. Ainsi, il ne s'agissait nullement pour les chercheurs du Muséum d'induire des pratiques par une formation descendante (dite « *top-down* »), ni de concevoir préalablement l'ensemble des animations. Nous nous situons bien plus dans une démarche d'accompagnement et de partage d'expériences qui avait pour objet de se questionner sur les pratiques enseignantes, d'analyser les réticences et obstacles rencontrés pour induire progressivement, au niveau des élèves, des apprentissages de savoirs opérants, « *n'existant que dans et par le problème* » (Astolfi, 1992). Ainsi, les pratiques des enseignants et animateurs étaient le plus souvent basées sur une activité d'observation de la nature reprenant de façon plus ou moins explicite les justifications épistémologiques de la leçon de chose telles que Kahn (2000) les caractérise. De nombreux échanges de vues ont été indispensables pour permettre de s'engager dans une modification de ces pratiques. À la demande des enseignants animateurs et chercheurs, une formation complémentaire a été programmée. Elle avait pour but de clarifier les divers positionnements sur les finalités de l'observation. Elle a également permis de mieux différencier les activités d'observation « pour décrire » des activités d'observation « pour comprendre ». Cette formation a permis par la suite, comme nous le décrirons ultérieurement, de modifier les pratiques enseignantes pour tendre vers une démarche de problématisation.

2.2. Cadrage épistémologique pour la mise en place des interventions

Afin de définir le cadrage des animations proposées aux élèves, il nous semble opportun de préciser la spécificité des recherches en éthologie qui se fixent à ce jour trois grands objectifs :

- L'analyse descriptive du comportement. Il s'agit notamment d'études de suivis d'individus telle que le suivi de renards par *radio tracking* dont l'objet est d'établir un éthogramme (inventaire comportemental) et d'identifier des relations (pas nécessairement causales).
- L'analyse des mécanismes (soit des causes immédiates) du comportement et/ou de son ontogénèse à l'aide de travaux de neurophysiologie intégrative.
- L'analyse du rôle adaptatif, de la fonction du comportement dans le cadre de la théorie synthétique de l'évolution, et par conséquent l'analyse phylogénétique du comportement.

Selon la typologie présentée dans le tableau 1, c'est l'analyse descriptive du comportement qui paraît la plus accessible aux jeunes enfants, en raison notamment de l'absence de référence au paradigme évolutif, et de l'approche qualitative qui ne nécessite pas l'utilisation de modèles mathématiques. C'est donc celle que nous avons retenue dans le cadre de cette recherche collaborative.

trois types
de recherche
en éthologie

l'analyse descriptive du comportement est ici retenue

Cependant, « au vu de l'expérience acquise, il importe d'éviter la dérive du "tout méthodologique" où l'acquisition de connaissances devient un objectif mineur par rapport aux procédures utilisées. On s'appliquera à créer, in fine, les conditions de la confrontation de l'opinion des enfants au savoir scientifique. » (8) Nous nous sommes donc attachés au fait que cette approche descriptive sur le terrain permette tout d'abord aux élèves d'enrichir leur vocabulaire dans deux champs : outils et méthodes de recherches, détermination des animaux et de leurs territoires. Elle devait in fine les conduire à structurer ces diverses informations pour leur permettre d'entrer dans une activité de problématisation.

Tableau 1. Typologie des recherches en éthologie (9)

	Analyse descriptive	Analyse des mécanismes Neuro-éthologie « Comment »	Analyse du rôle adaptatif Eco-éthologie « Pourquoi »
Démarches	naturaliste	expérimentale hypothético-déductive	
Intégration des travaux dans le paradigme évolutif	non indispensable	non indispensable	indispensable
Méthodes	surtout qualitative	qualitative et/ou quantitative	qualitative et/ou quantitative
Terrain d'étude	milieu de vie de l'animal en évitant au maximum de le perturber milieu ancestral le plus proche possible de celui dont les conditions de sélection ont pu conduire aux comportements étudiés.	laboratoire ou terrain instrumentalisé* * « lieu d'élaboration d'artifices destinés à rendre le réel manifeste, à libérer des causalités dormantes ou contrariés. » Rumelhard (1997)	

(8) Note de service N° 2000-078 du 8 juin 2000 du PRESTE. Texte adressé aux rectrices et recteurs ; aux inspectrices et inspecteurs d'académie, directrices et directeurs des services départementaux de l'Éducation nationale.

(9) Cette typologie a été réalisée par Girault Y., Nédélec-Bellevue D., Helder R., Joly P. dans le cadre de ce travail de recherche.

Tableau 2. Descriptif sommaire des animations proposées à Boul-aux-Bois

Description des activités	
Année 1	1 Présentation en salle de la faune ardennaise par des animaux naturalisés, recherche en forêt d'indices de présence.
	2 Jeux de lecture d'empreintes différentes (enfants et chiens) sur divers supports plus ou moins meubles. Pose de pièges à appâts.
	3 Jeu de piste pour réinvestir les connaissances supposées acquises
Année 2	4 Observation à l'affût d'animaux. Étude descriptive de trois écosystèmes (identification des principales caractéristiques) et utilisation de pièges photos pour déterminer les animaux qui vivent au sein de ces écosystèmes.
	5 Activités de différenciation d'animaux de la même espèce (dessin de vaches, identification de souris blanches par marquage). Présentation par le chercheur de techniques de marquage pour identifier des animaux sauvages (boucles d'oreille, colliers).
	6 Présentation par films de différentes captures d'animaux. Présentation <i>in situ</i> des recherches effectuées par le parrain chercheur. Introduction du travail de la dernière année.
Année 3	7 Présentation des questions élaborées en classe par les élèves. Questionnement au CIN provoqué par l'observation de blaireaux naturalisés. Question du chercheur à mettre en œuvre sur la blaireautière : « Combien y a-t-il de blaireaux dans la blaireautière ? »
	8 Présentation par groupes des études effectuées par les élèves en classe. Deux questions retenues par le chercheur sont mises en œuvre sur la blaireautière : – Les petits quittent-ils leurs parents ? – Y a-t-il d'autres animaux qui vivent sur la blaireautière ?
	9 Présentation des études poursuivies par les élèves en classe. Jeu à la Croix aux bois : dans un sous-bois sur une superficie d'environ 2 hectares, une série d'indices sont disposés. Une fiche de couleurs située à quelques mètres de chaque indice en indique la présence (cage de capture, empreintes au sol, poils, excréments, coulée...). Les enfants répartis en groupes doivent préciser en justifiant leur choix de quels outils, et/ou indices ils ont besoin pour répondre à la question posée : « <i>Quels carnivores utilisent ce coin de forêt ?</i> »

entraîner les élèves
dans une démarche
naturaliste...

Nous avons donc été conduits à entraîner les élèves dans une démarche naturaliste où les études s'effectuent dans la nature et sont complétées sur place par de petites expériences. C'est ainsi que, durant trois années successives, les six classes concernées par ce projet se sont rendues à neuf reprises sur le terrain.

Les travaux réalisés pendant les trois années étaient structurés autour de trois grandes questions, comme le montre le tableau 2 :

- Comment savoir (sans même les voir) quelles espèces d'animaux sauvages vivent autour de Boulton-aux-Bois ?
- Comment faire pour voir ces animaux et les reconnaître individuellement ?
- Comment faire pour étudier leurs comportements ?

...surmonter
des difficultés
méthodologiques...

Les premières difficultés rencontrées par les élèves au cours des diverses animations étaient d'ordre méthodologique et technique (utilisation de pièges à traces, cages de captures, types de marquages d'animaux, *radio-tracking*...). Elles ont mobilisé chez les élèves attention et réflexion sur les moyens et cela aux dépens d'une activité de problématisation. Nous avons ainsi constaté que, durant les premières séances d'animation à Boulton-aux-Bois et les premiers travaux effectués en classe, les élèves ont principalement acquis des connaissances descriptives (10) et découvert l'utilisation d'outils d'observation au détriment de savoirs opérants. En effet « *un problème scientifique n'est pas quelque chose qui existe par lui-même et qui peut être apporté de l'extérieur, il est sous la dépendance de données empiriques mais aussi de conceptions des apprenants* » (Orange, 1997).

...prendre en compte
des obstacles
épistémologiques...

Compte tenu d'une part de la charge symbolique très forte des animaux, et d'autre part du très jeune âge des enfants, le type de construction de problème envisagé devait tendre vers une forme de « rupture conceptuelle simple » qui devait se faire « *essentiellement entre opinions et savoir scientifique problématisé ; ce n'est pas rien, puisqu'il s'agit d'une rupture fondamentale selon Bachelard* » (Fabre & Orange, 1997). En effet, l'expérience première des élèves sur les animaux (une chauve-souris ça vole, c'est un oiseau !) et/ou leurs représentations sur l'utilité des animaux (un serpent ça sert à rien, ça mord et ça tue ! Les guêpes ça pique et ça fait mal !) sont de réels obstacles épistémologiques que nous devons notamment prendre en compte pour permettre aux élèves d'entrer dans une démarche de problématisation en éthologie.

(10) Comme nous le décrirons par la suite, ces connaissances ne sont pas que descriptives. Ce sont en réalité, selon le modèle de Bracke (1998 a), des « *affordances* » et des « *catégories* » qui résultent d'une restructuration des informations ou des connaissances, et qui sont généralement regroupées selon un format fonctionnel (exemple : quel est l'usage, l'utilité ou la fonction de tel ou tel concept).

...pour tendre
vers une activité
de problématisation

Il appartenait donc principalement aux enseignants et animateurs de mettre en place des traitements didactiques propres à cet objectif de problématisation en s'inspirant des pratiques de recherche des éthologistes. Ainsi, petit à petit, au sein des six classes, les différentes activités scolaires se sont-elles plus ou moins installées en satellites autour du projet « *Chercheurs en herbe* », le but étant de « *conduire progressivement les élèves à la formulation d'un problème scientifique* » (Host, 1998).

Comme nous l'avons déjà précisé, cet article rend compte d'une partie de la recherche. Il se centre sur le suivi d'une cohorte et analyse dans ce contexte l'évolution des élèves sur 3 ans. Un très grand nombre de séquences ayant été enregistrées, nous avons donc matière à analyse. Nous nous proposons d'effectuer celle-ci de façon chronologique, en nous appuyant sur quelques séquences pédagogiques qui reflètent différentes étapes franchies par les enfants de cette cohorte pour arriver à une activité de problématisation.

modèle de Bracke
basé sur...

Dans le cadre de cette analyse nous allons utiliser le modèle de Bracke qui est particulièrement approprié parce que dans ce projet l'action d'enseignement joue sur la diversité des informations, fait fonctionner la mémoire externe, et se base sur le transfert d'une situation de terrain à une situation de classe et réciproquement.

2.3. Un cadrage théorique pour évaluer les changements induits chez les élèves

Le modèle intégrateur du transfert de Bracke (2004, 1998 a, 1998 b) que nous avons retenu dans le cadre de cette analyse est basé sur la construction de la représentation d'un problème.

...la construction
de la représentation
d'un problème

Selon cet auteur « *l'ensemble des connaissances et des informations disponibles à un individu sont réparties entre deux grandes catégories de mémoire. Les structures de connaissances qui composent le système cognitif sont envisagées comme une "mémoire interne", composée de la mémoire à court terme (MCT) et de la mémoire à long terme (MLT), alors que les structures d'informations disponibles dans l'environnement par l'intermédiaire de la perception sont considérées comme une "mémoire externe" (ME). Les concepts d' *affordance* (Gibson, 1977) et de *catégorie* (Rosch, 1975, 1978) ont respectivement pour fonction, dans l'environnement et dans la MLT, de réduire, en les structurant, la quantité d'informations et de connaissances à traiter* » (Bracke 1998 b).

– Une *affordance* est définie comme un regroupement de plusieurs propriétés physiques de l'environnement constituant une structure perceptible, adaptée à un organisme particulier et à ses actions. Ceci fonctionne comme si, au niveau de la ME, un filtre inconscient ne retenait que les informations qui ont du sens dans un contexte particulier.

amener
les élèves...

À titre d'exemple, pour un conducteur, une lumière rouge qui clignote est une *affordance*, c'est un signal très facilement perceptible dans son environnement, qui est synonyme de danger et qui déclenche une action en retour.

- Une *catégorie* est une structuration de connaissances (d'objets) dans la MLT. Le prototype d'une catégorie est le *basic level*. Prenons comme exemple le chien, la dimension verticale regroupe les aspects taxonomiques et/ou hiérarchique (on retrouvera dans cette dimension : les carnivores, les mammifères, les vertébrés), la dimension horizontale regroupe des exemples tirés de l'expérience (par exemple chien loup, caniche, basset...). Une catégorie, pour être pertinente, stocke au niveau de son *basic level* la forme de l'objet (comment le reconnaître), et les schémas d'utilisation fonctionnelle (quand et comment exploiter ce concept).

...à repérer
dans l'environnement
des affordances
et des catégories...

Dans le cadre de la démarche naturaliste que nous avons retenue, les observations des animaux naturalisés et vivants d'une part, ainsi que la recherche d'indices de présences (poils, excréments, empreintes, coulées...) et d'autre part la compréhension du concept d'habitat (mare, forêt, champs) devaient solliciter le développement d'habiletés chez les élèves à repérer les *affordances* dans ces environnements. Le rôle de l'animateur et/ou du chercheur consistait donc « *à épurer, sans toutefois les affadir, les caractéristiques de l'environnement, afin de rendre plus manifestes et plus facilement perceptibles, par les élèves eux-mêmes, les affordances qui s'avèreront par la suite si précieuses dans le diagnostic et le raisonnement de l'expert* » (Bracke, 1998 b), soit ici le chercheur en éthologie.

Rappelons que dans le modèle de Bracke, le transfert se distingue d'une application pure et simple de connaissances antérieures, et suppose un certain ajustement de celles-ci. Il ne peut intervenir qu'en situation de résolution de problèmes, et il permet alors au sujet de progresser plus rapidement vers la solution. Cela est possible lorsque celui-ci peut réutiliser, en l'adaptant, une structure de connaissance pertinente (*catégorie*) déjà présente dans sa mémoire à long terme ou une structure d'information directement perçue dans son environnement (*affordance*).

...pour raisonner
comme des experts

Cependant, en dépit de son utilité, le transfert ne semble pas se produire aussi fréquemment que souhaité dans le contexte de la classe. Selon Bracke (1998 b), « *tout se passe comme si l'objectif essentiel de l'apprentissage scolaire consistait à disposer des "bonnes" catégories dans la MLT et à vérifier qu'elles y restent toujours accessibles. Pourtant, en-dehors de l'école, les apprentissages sollicitent constamment les deux ressources de mémoire identifiées dans notre modèle, la MLT et la ME. Cette dernière change rapidement, souvent indépendamment de la volonté de l'apprenant. Donc, si le milieu scolaire souhaite rendre possible à long terme les apprentissages à l'extérieur de l'école, il doit aussi stimuler chez les apprenants la maîtrise des ressources offertes par la ME.* »

vocabulaire
enrichi

nouvelles habiletés
d'observation

Au sein du projet *Chercheurs en herbe*, les élèves ont donc été amenés à construire leurs propres représentations d'un problème en utilisant deux types de ressources : des connaissances dont ils disposent et des informations présentes dans leur environnement (ME). Pour leur permettre de mieux maîtriser de nouvelles ressources de leur environnement (ME) liées aux écosystèmes ardennais, nous avons tout d'abord tablé sur un enrichissement de leur vocabulaire pour leur faire acquérir de nouvelles catégories (cf. tableau 2, animations 1, 2, 3, et 4 : « *savoir identifier de nouveaux animaux, de nouveaux milieux* »). Nous avons enfin souhaité leur faire acquérir progressivement, et tout au long de l'ensemble des animations, des habiletés à reconnaître et utiliser certaines *affordances*, qu'exploite le chercheur en éthologie.

3. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

premier constat :

Un premier constat, effectué entre les premières animations et les situations de classe, a révélé une difficulté récurrente : les élèves n'arrivaient pas à produire un questionnement. Ce constat a donc conduit l'enseignante à privilégier des activités (pose de pièges à empreintes dans la cour ; observation d'animaux) pour les inciter à réinvestir de nouvelles compétences plus ou moins acquises lors des animations (repérage et/ou identification d'*affordances* comme des indices de présence). Ce n'est qu'après quelques mois que les élèves ont réussi à prendre leurs repères au sein des dispositifs proposés et qu'une évolution dans leur questionnement a pu être constatée. Ainsi, dans un premier temps, si l'on peut considérer que certaines questions des élèves découlaient d'un travail descriptif (« *Pourquoi les hérissons ont des piquants ?* » ou « *Pourquoi l'escargot a une coquille ?* »), d'autres traduisaient encore une préconception (« *Pourquoi les chenilles c'est gluant ?* »). Progressivement, et vraisemblablement par le fait d'une accumulation de questions descriptives, certains élèves ont pu établir des liens entre le contexte d'observation et le comportement observé ou supposé de l'animal : « *Je voudrais savoir comment font les salamandres quand la mare est gelée ?* » (A. et K.) ; « *Comment y font pour se défendre... quand un animal est attaqué par un autre ?* » (F) ; « *Qu'est-ce qui peut servir à un animal pour se défendre ?* »

les élèves ne se
questionnent pas

les élèves
attendent la réponse
de l'adulte

Cette évolution du questionnement des enfants ne changeait cependant pas leur attitude, ils restaient encore très passifs en attente d'une réponse de l'adulte. Il fallait donc amener les enfants à transformer leurs questions en problèmes scientifiques et à prendre part à leur formulation. Pour avancer dans cette démarche, l'enseignante a mis en place des « *ateliers de chercheurs* ».

3.1. Amener les enfants à se questionner : les ateliers de chercheurs

L'enseignante a placé les élèves face à des situations similaires aux animations réalisées sur le terrain, c'est-à-dire en présence d'objets dont ils devaient découvrir l'appartenance ou la fonction par le biais de la formulation d'un questionnement. Ces ateliers devaient permettre aux élèves de débiter un travail d'investigation (travail en petites équipes, collaboration, partage des tâches). L'extrait présenté restitue la consigne initiale de ces ateliers :

mise en place
d'ateliers
de chercheurs...

« Nous allons nous placer en groupe de recherche et chaque équipe aura sur sa table un des éléments à observer. Je vous laisse un temps d'observation pendant lequel vous allez pouvoir échanger vos idées et vous questionner, puis je vous demanderai de trouver une question pour poser le problème auquel vous êtes confrontés. Qu'est-ce que vous voulez savoir sur cet objet ?

À la fin de la séance, le rapporteur viendra nous présenter les résultats de vos observations et nous proposer la question de recherche que vous avez choisie, ainsi que les réponses auxquelles vous avez pensé : à qui ou à quoi cela peut-il appartenir ? »

...pour susciter
le questionnement
des élèves

Les réponses formulées par les élèves (document 1) s'échelonnent sur 5 registres : des descriptions (1), des élèves répondent au hasard (2), d'autres commencent à produire des réponses provoquées par le questionnement de l'enseignante (3) enfin certains produisent des réponses argumentées (4). On peut également remarquer que dans le cadre de cette activité, certains élèves ont pu trouver certains indices en fonction des propriétés descriptives des objets (5) : *« C'est un bois vieux : il a une fente. Le milieu est facile à creuser »*. Cependant les élèves n'ont pas été en mesure de hiérarchiser ces propriétés descriptives pour n'en retenir que les affordances. En effet, comme nous l'avons déjà mentionné les affordances fournissent à la mémoire à long terme (MLT) l'ossature des connaissances conditionnelles. (11)

Or comme le souligne Bracke (1998 b, 2004) : *« seules certaines des propriétés descriptives déterminent, par le biais des affordances et des catégories de basic level, la fonction que ces éléments pourraient utilement remplir au sein d'une structure de buts active. Cette fonction assure ainsi le lien entre le but poursuivi dans la MCT et une affordance dans la ME, ou une catégorie de basic level correspondante dans la MLT. »*

(11) À titre d'exemple un naturaliste fera preuve d'un raisonnement analogique entre une structure perceptuelle ou affordance (une galerie rayonnante creusée dans l'écorce d'un arbre en forêt), et une catégorie, un insecte responsable de cette trace (il pourra parfois préciser directement qu'il s'agit d'un Scolyte).

Document 1. Quelques réactions d'élèves face aux objets présentés

Le numéro du registre auquel appartient la réponse est indiqué entre parenthèses

Atelier « noyaux »

Objets : Des noyaux de cerises sauvages, un trou identique sur le côté de chaque noyau.

Question : Qui a mangé les noyaux ?

- Des loirs (2), un écureuil (2), des oiseaux. (2)
- Un mulot, parce que le mulot mange des fruits. (4)
- Un mulot ou un loir, parce qu'ils ont des petites dents pour manger des graines des noyaux, donc c'est pour cela qu'il y a des petits trous dedans. (5)
- Les trous sont toujours sur le côté. (1)
- Il a mangé l'intérieur du noyau avec les dents, il y a des petites rayures. (3)
- Il y a des trous fins. (1)

Atelier « tronc percé »

Objet : Morceau de tronc de 50 cm de hauteur environ, diamètre 20 cm environ. Au centre de l'écorce, un trou de forme conique (percé par un pic-vert) de diamètre 7 cm et de 5 cm de profondeur.

Question : Qui a creusé ce trou ?

- Un rat (2), un loup (2), un insecte (2), une souris (2), une marmotte (2), un oiseau (2), une fourmi. (2)
- Des griffes ; des dents parce que je vois des rayures. (4)
- Dans le grand trou, il y a des petits trous. (5)
- C'est un bois dur. (5)
- C'est un bois vieux : il a une fente, le milieu est facile à creuser. (5)
- L'écorce est presque retirée : elle s'enlève facilement. (5)
- Sous l'écorce on a trouvé des crottes et des toiles d'araignée. (1)

établir
un diagnostic
de l'observation

Un échange de vues entre l'enseignante et le chercheur a permis de pointer l'obstacle rencontré par les élèves : ils affirmaient plus qu'ils ne se questionnaient. Ils se cantonnaient le plus souvent dans une activité de description, qui ne remettait aucunement en cause leurs connaissances communes. En conséquence ce travail ne pouvait nullement induire une activité de problématisation. Cette situation a été par la suite présentée et analysée lors d'une réunion de synthèse avec l'ensemble des enseignants, des animateurs et des chercheurs, et il s'en est suivi une journée de formation sur l'observation. Il a été ultérieurement convenu que nous devions également faire établir par les élèves « *un diagnostic de l'observation* » (Guichard, 1998) c'est-à-dire repérer leurs conceptions par rapport à l'observation scientifique, tout en leur faisant prendre conscience « *qu'observer, c'est aussi entrer dans une réaction face aux visions spontanées* » (Fourez et al., 1997).

3.2. Réfléchir sur les finalités de l'observation

C'est ainsi qu'un nombre relativement important de séances (une dizaine) a été nécessaire pour que les élèves puissent percevoir tous les objectifs d'une activité d'observation. Après une première séance, consacrée à la présentation des représentations des élèves sur cette activité, ces derniers ont été invités à réfléchir aux finalités de leurs observations, en

prise de conscience
par les élèves :

dans le cadre d'une
investigation...

...il n'y a pas
d'observation
possible sans
questionnement

répondant à plusieurs questions : « *Pourquoi et pour qui j'observe, comment j'observe, quelle trace de mon observation je garde* » (Guichard J, 1998). Leurs résultats ont été présentés sous la forme d'une grille, au sein de laquelle ils devaient inscrire les critères retenus à partir de leurs observations. Pour prendre conscience que « *la finalité de l'observation influence la façon dont elle est conduite et les objets sur lesquels elle se focalise* » (Guichard J, 1998), une comparaison des différentes grilles a été réalisée : les travaux de quatre groupes différents ont été présentés à l'ensemble de la classe, puis ont fait l'objet d'échanges, de questionnements et d'argumentations afin de valider la pertinence des critères retenus. Les élèves en sont venus à se mettre d'accord sur une définition de l'activité d'observation : « *c'est chercher des indices et des informations* ». Ce travail à dominante métacognitive, conduit sur l'activité d'observation, a très clairement permis à certains élèves de prendre conscience qu'il n'y a pas d'observations possibles, dans le cadre d'une investigation, sans questionnement. Cependant, la seule clarification des finalités de l'observation semblait insuffisante pour permettre aux élèves d'entrer dans une activité de problématisation (un problème scientifique dépend des conceptions des apprenants). Il fallait les guider pour qu'ils franchissent un nouvel obstacle, « *prendre conscience qu'un récit d'observation [le leur] est une re-présentation* » (Fourez G. & Englebert-Lecomte V. 1999).

L'exercice d'identification exigeait en réalité la résolution d'un autre problème lié à la finalité de l'observation. C'est la construction de nouvelles connaissances métacognitives qui a permis aux élèves de résoudre l'exercice initial. Il s'agissait donc d'un vrai problème et non d'un simple exercice d'application d'une solution toute déterminée à l'avance. C'est la première condition pour que puisse s'amorcer le processus de transfert selon le modèle de Bracke (1998 b, 2004). Peu à peu, une progression se dessine, les élèves étant amenés à confronter leurs observations à leurs conceptions. C'est ainsi qu'en partant des mêmes questions, l'exercice vécu préalablement comme un exercice « *d'observation pour décrire* » a permis de déboucher sur un exercice « *d'observation pour comprendre* » (Guichard J, 1998). Les élèves ont ainsi été en mesure de repérer et/ou d'identifier des affordances du milieu. Celles-ci ont pu alors être exploitées dans un raisonnement analogique et conduire à la construction de structures de connaissances et d'interprétations plus complexes.

Après quelques temps d'échanges (cf. tableau 4) les cinq élèves du groupe concernés par cette nouvelle activité se sont donc accordés pour dire que « *c'est un oiseau qui a fait ce trou avec son bec* ». Mais de quel oiseau s'agissait-il ? Plusieurs noms d'oiseaux fusent : le hibou, la sitelle, un oiseau qui frappe avec son bec, une cigogne, un geai (réponse donnée avec le cahier de chercheur de F., dans lequel elle a collé une photo de cet oiseau). Puis les élèves sortent un livre de lecture

les élèves
sont alors conduits...

« La nature à lire » qui se trouve dans la bibliothèque de la classe. Ils y recherchent l'oiseau qui frappe avec son bec dans le trou des arbres. Ils savent qu'il y en a un, car ils l'ont vu lors de la découverte du livre. Ils le trouvent : c'est un pic.

Proposition de Dalila. (élève au niveau faible dans les apprentissages scolaires) :

*« Il faut regarder et comparer les becs de ces oiseaux [les oiseaux cités ci-dessus].
Essayer de les dessiner pour savoir si ça marche. »*

En focalisant son attention sur les becs des oiseaux, Dalila. pointe une catégorie importante pour atteindre le but fixé. Elle se situe plus précisément au niveau fonctionnel du « *basic level* » de la catégorie où le bec est ici vu dans sa capacité de perforer des trous.

« Il faut fabriquer la forme qui peut rentrer dans le trou : une forme pour le trou + une forme du bec de l'oiseau pour comparer les deux ».

...à confronter
leurs observations
à leurs conceptions

Dalila. fait ici preuve d'un raisonnement analogique au sens du modèle de Bracke, entre une structure perceptuelle ou *affordance* (forme du trou) et une catégorie (bec d'oiseau) qui entrent tous deux dans le modèle mental qui encapsule le problème à résoudre en MCT.

Sana propose par la suite de retourner sur le terrain pour vérifier la proposition de Dalila. « *Il faut aller dans la forêt et regarder tous les arbres pour voir si des oiseaux ont fait le même trou. On le guette, on l'observe, on le dessine et on sait si c'est celui-là* ».

**Document 2. Quelques étapes d'investigation réalisées
au sein d'un des « ateliers de chercheurs »**

Mise en situation : Un tronc d'arbre avec un trou dans son écorce est posé sur la table
Question de l'enseignante : « <i>Qui a fait ce trou dans l'arbre ?</i> »
Travail d'investigation des élèves : « <i>Il faudrait savoir où on a trouvé l'arbre pour voir les animaux qui vivent à côté. Il faut regarder les traces sur le bois.</i> » « <i>Il faut regarder les traces dans le trou.</i> » « <i>C'est un oiseau.</i> » « <i>Ou peut-être une souris...</i> »
Modéliser pour comprendre : Après un temps d'investigation et d'échanges, une des élèves du groupe a pris une feuille de papier, l'a enfoncée dans le trou et en a conservé la forme en la scotchant. La présentant à ses camarades en a conclu qu'il s'agissait d'un bec d'oiseau.
Argumenter pour convaincre : Au sein du groupe, est né un débat autour des idées de chacun. Le questionnement des uns venant déstabiliser les certitudes des autres. Les discussions ont conduit le groupe à déduire qu'il s'agissait bien d'un oiseau (bec en papier).

Cette courte séquence nous permet également de constater que le travail métacognitif conduit sur l'activité d'observation a très clairement permis à certains élèves de ne plus s'arrêter sur leur interprétation première, ils entrent dans une activité de problématisation. Pour avancer dans la résolution de leur problème ils proposent plusieurs sources d'investigation (le livre, la modélisation, le retour sur le terrain).

3.3. Placer les apprenants dans des situations de résolution de problème

identifications
de catégories
et d'affordances...

...conduisent
à la formulation
d'un problème

Nous définissons les situations problème comme des situations dans lesquelles l'individu ne sait pas d'avance comment procéder, et qui sont caractérisées par la présence d'un but, de données, de contraintes et d'obstacles (Tardif, 1992). Comme le souligne Bracke (1998) pour que l'activité proposée soit un problème réel pour les élèves, « elle doit être présentée de manière à ce que le but proposé ait du sens pour les élèves et qu'il s'intègre dans leurs propres structures de buts ». Dans le cadre de l'exercice suivant le but retenu est clair : décrire le fonctionnement d'une blaireautière suite à une observation réalisée en groupe. Les données sont issues de l'environnement soit la mémoire externe des élèves : le site de la blaireautière, et les contraintes et obstacles sont liés directement à l'interprétation des ressources offertes par la mémoire externe.

Les élèves sont ainsi conduits à se construire une représentation en 3D de la blaireautière, à partir des indices disponibles en surface en 2D, indices qu'ils doivent traduire en informations, puis par la suite en hypothèses leur permettant d'entrer dans une démarche d'investigation.

A. :	<i>S., toi tu dis que dans la blaireautière y'aurait que des blaireaux, mais si y'a un animal qui vit dans un trou à côté de la blaireautière, et si il vient dans la blaireautière...</i> »
S. :	<i>Ouais, mais quand on a été dans le bois, il n'y avait pas plusieurs terriers, parce que quand on a marché sur la route, on est rentré dans le bois et si je me rappelle Marie a dit : « Voilà on est dans la blaireautière. »</i>
O. :	<i>Y'a qu'un terrier, mais y'a plusieurs galeries en dessous et ils font plusieurs trous pour sortir, c'est pour ça qu'on croit qu'il y a plusieurs terriers.</i>
X. :	<i>Aussi, ils font des trous, mais ils peuvent rentrer dans le trou qu'ils veulent.</i>
Y. :	<i>Ça se peut qu'il passe dans un autre trou pour aller dans son terrier. Il passe dans les autres terriers qu'il connaît, il prend un raccourci.</i>
A. :	<i>Mais le blaireau quand il rentre dans un autre terrier pour aller chez lui, qu'il prend un raccourci, il peut déranger les autres blaireaux... Si on dérange un mâle ou une femelle qui a des petits, sûrement que le mâle va les attaquer. Quand Sana a dit que y'avait qu'un terrier, j'me suis dit dans ma tête qu'elle voulait dire que dans un terrier, y'a plusieurs terriers.</i>
M. :	<i>Y'a peut-être un blaireau qui a creusé un terrier et un autre qui a creusé un autre terrier et ils se sont rejoints et après ils vivent ensemble.</i>

Telles qu'elles sont formulées, ces interrogations n'ont nullement permis aux élèves de progresser dans la discussion engagée. Selon la théorie interactionniste de Vygotski (1985)

la modélisation
pour confronter
ses points de vue...

le stade de « *développement actuel des enfants* » c'est-à-dire celui où ils sont capables seuls de résoudre le problème posé était dépassé. De retour en classe, avec l'aide de l'enseignante, les élèves ont pu confronter leurs points de vue pour les rendre plus explicites et permettre ainsi d'éliminer certaines questions jugées moins pertinentes pour n'en retenir que quelques-unes que l'ensemble du groupe classe s'appropriait. Les enfants guidés par l'enseignante atteignaient ainsi leur « *niveau de développement potentiel* » (Vygotsky 1985). Afin d'avancer dans leur investigation, les élèves ont choisi de réaliser une modélisation de la blaireautière. C'est cette modélisation qui a servi de base aux confrontations des différents points de vue des élèves qui se sont alors engagés dans un travail de raisonnement par analogie.

...permet à certains
de s'engager
dans un travail
de raisonnement
par analogie

Selon le modèle de Bracke (1998 b, 2004) « *le raisonnement analogique qui est effectué sur les structures cible (le problème) et source (la ressource) n'est pas automatique. Ce raisonnement s'effectue dans la MCT et se déroule selon trois étapes : la mise en correspondance, effectuée par pairage et inférences en identification des similarités et des différences suivie de l'évaluation de l'analogie qui visait à modifier et/ou étayer certaines de leurs représentations et de son adaptation à la situation du problème à résoudre* ». Ce transfert n'a pu être rendu visible qu'avec l'aide de l'enseignante. C'est en effet elle qui a défini une tâche qui se situait dans la « *zone proximale de développement* » (Vygotski 1985) des élèves, c'est-à-dire où leur niveau de développement n'était pas suffisant pour réussir seuls mais où une activité de co-apprentissage pouvait accompagner le processus d'apprentissage en cours.

3.4. De la formulation d'un problème opératoire à la résolution de problème

acquisition
de méthodes

Au cours des trois animations de la seconde année, les élèves ont pu proposer et expérimenter diverses méthodes pour répondre à la question : comment faire pour voir ces animaux vivant à Boulton-au-Bois et les reconnaître individuellement ? Ils ont ainsi effectué des observations d'oiseaux à des postes de nourrissage, ils ont proposé diverses méthodes pour identifier des souris de laboratoire, méthodes qu'ils ont extrapolées aux animaux étudiés sur le terrain (marquage coloré par de la peinture, bagues et ou boucles d'oreilles, suivi d'animaux par colliers émetteurs etc.).

démarche
de questionnement

Ce n'est donc qu'au début de la troisième année que la majorité des élèves de cette cohorte ont acquis la maîtrise d'outils et de méthodes et la démarche de questionnement. Nous pouvions alors les accompagner dans le franchissement de la dernière étape de notre projet, soit répondre à la question suivante : comment faire pour étudier le comportement de ces animaux ?

• Premier obstacle : non prise en compte par le chercheur de « la structure de but » des élèves

proposition
d'activités
clés en main...

Revenons à notre projet *Chercheurs en herbe* au sein duquel nous souhaitions obtenir progressivement une montée en puissance de l'autonomie de chacune des six classes partenaires. Si pour les premières animations l'offre pédagogique sur le terrain était la même pour les diverses classes, nous voulions, au fur et à mesure de l'avancée de celui-ci, personnaliser l'offre et donner une place grandissante au chercheur au détriment de l'omniprésence des animateurs dans le début du projet. Cependant, l'envie est restée grande de proposer des activités clés en main, sécurisantes pour l'adulte qui mène la séance, mais moins constructives pour la majorité des élèves.

...non respect
de la structure de but
des élèves...

Ainsi, au lieu de s'inscrire dans une dynamique qui incite les élèves à formuler leurs propres problèmes selon leurs structures de buts, le chercheur référent a fixé la question liée à ses propres recherches : « *combien y a-t-il de blaireaux dans la blaireautière ?* » Cependant comme « *la première fonction d'un but consiste à concrétiser une motivation* » (Bracke, 1998 a), les enfants conduits sur la blaireautière ne se sont pas mobilisés pour répondre aux questions du chercheur qui a vécu pour sa part cette animation comme un échec. Néanmoins, très attachés à leur propre questionnement « *Comment vit le blaireau et comment fonctionne une blaireautière ?* », les élèves ont poursuivi parallèlement leurs propres objectifs ; ils ont ainsi recherché des indices de présence de l'animal, tout en observant les spécificités de ce territoire. En effet, « *selon le but, certaines informations de l'environnement considérées comme non pertinentes sont écartées de la MCT ; d'autres au contraire, sont retenues* » (Bracke, 1998 a).

• Ré-appropriation du questionnement par les élèves

De retour en classe, les élèves ont été conduits à formuler leurs questions. Sept questions ont fait l'objet d'une étude en classe et d'une présentation.

...démotivent
les élèves

- Y a-t-il plusieurs familles de blaireaux ?
- Combien y a-t-il de petits dans la blaireautière ?
- Y a-t-il d'autres animaux sur la blaireautière ?
- Est-ce que les petits quittent leurs parents pour construire une autre blaireautière ?
- Combien y a-t-il de blaireaux dans la blaireautière ?
- Sont-ils organisés ?
- Comment les blaireaux mangent-ils ?
- Que mangent-ils ?

Une sélection des questions était nécessaire en vue de leur exploitation lors de la dernière animation sur le terrain. Seules deux des questions proposées par les élèves ont été retenues par le chercheur :

- Est-ce qu'il y a d'autres animaux sur la blaireautière ?
- Est-ce que les petits quittent leurs parents pour construire une autre blaireautière ?

permettre
une réappropriation
des questions
par les élèves...

De retour sur la blaireautière, les élèves ont effectué une recherche et un relevé d'indices en équipe. Les prises de notes effectuées sur plan lors de cette visite à la blaireautière les ont conduits en classe à la seconde étape de l'étude : « *Est-ce que ces indices peuvent nous permettre de répondre à la question ? Et comment ?* » Compte tenu de la nature des indices qu'ils avaient pu recueillir, les élèves n'ont retenu finalement que la question suivante : « *Est-ce qu'il y a d'autres animaux sur la blaireautière ?* »

Les équipes ont repris leurs travaux traitant toutes, cette fois-ci, la même question et disposant d'un matériel identique : un relevé centralisé par l'enseignante sur un plan de tous les indices collectés par les élèves. Après deux séances d'élaboration du dispositif prévu pour la mise en œuvre d'une étude, chaque équipe est venue présenter et défendre sa proposition devant l'ensemble de la classe, se confrontant aux points de vue des autres groupes qui avaient réfléchi sur la base du même questionnement.

...pour rentrer
dans une activité
de problématisation

Nous ne cherchons pas dans les lignes qui suivent à relater la progression chronologique des débats des élèves, nous voulons seulement mettre en avant certaines propositions qui ont trait à la construction des problèmes rencontrés. Pour effectuer l'analyse de la macrostructure de ces débats nous nous appuyons, au niveau méthodologique, sur une étude de cas réalisée par Michel Fabre et Christian Orange (1997).

• **Analyse de la macrostructure d'un débat**

La controverse fondamentale, c'est-à-dire le fait que sur ce territoire puissent vivre d'autres animaux, est apparue dès les premières propositions (cf. tableau 5). Les réponses R1a et R1a' d'une part et R1b et R1b' d'autre part ont chacune été suivies d'une objection qui a conduit à de nouvelles controverses. Suite aux réponses alternatives qui ont été proposées, la réponse d'une élève a relancé de nouvelles questions : « *Nous on a entendu que les blaireaux peuvent utiliser les mêmes terriers que les renards.* »

Pour répondre à cette question, une élève utilise une *affordance* acquise auparavant sur le terrain en faisant allusion au « toboggan » fabriqué par les blaireaux qui, en retirant la terre du trou du terrier, ont fabriqué devant le terrier un petit monticule de terre meuble, au sein duquel ils creusent par leurs passages réguliers une goulotte.

identification
de controverses
et problématiques

« *Non maîtresse je pense pas parce que les renards eux ils peuvent garder les feuilles, les blaireaux eux quand y descendent le truc, ils retirent les feuilles.* »

Nous devons préciser que, lors de ces échanges et compte tenu de l'identification qu'ils avaient su faire de certaines *affordances* (griffes, empreintes, poils, présence d'une coulée), les élèves ont fait état de très nombreuses propositions pour rechercher une solution, traduisant de fait l'acquisition de connaissances fonctionnelles.

Tableau 3. Présentation de la macro structure du débat

Controverse fondamentale	
Q1 : « Est-ce qu'il y a d'autres animaux sur la blaireautière ? »	
Controverse 2	Controverse 3
R1a « C'est pas le territoire des autres parce que y'a une raison : ils ont fait leurs trous dans le territoire, donc ça veut dire qu'il y a des blaireaux ici et pas d'autres animaux. »	R1b « Au terrier 8 on a vu des griffes, mais on sait pas à qui c'est ...pour savoir à quelles griffes ça appartient ? »
R1a' « C'est leur territoire, parce qu'ils ont laissé leur odeur ».	R1b' « C'est l'os d'un autre animal. C'est la preuve qu'on peut savoir qu'il y a d'autres animaux. ».
Q2 « Si y'avait d'autres animaux, pourquoi qu'ils l'auraient appelé « la blaireautière »	Q3 : « Comment ils peuvent savoir ça ? »
R2a « On peut pas le dire parce que les hommes croyaient qu'il y avait que des blaireaux dedans. »	R3a « Parce que le blaireau y peut être carnivore, omnivore ou végétarien, et le renard lui il est carnivore... Donc, on ne peut pas savoir si c'est le blaireau ou un autre animal qui les a mangés. »
R2b « Toi tu dis que dans la blaireautière y'aurait que des blaireaux, mais si y'a un animal qui vit dans un trou (= terrier) à côté de la blaireautière, et si il vient dans la blaireautière... »	R3b « Ou peut-être que c'était un animal qui était mort. »
R2c « Ouais, mais quand on a été dans le bois, il n'y avait pas plusieurs terriers, parce que quand on a marché sur la route, on est rentré dans le bois et si je me rappelle Marie a dit : « Voilà on est dans la blaireautière. »	R3c « C'est peut-être un blaireau qui était mort ; »
	R3d « Peut-être que c'était juste un restant de repas sur un animal qui faisait que passer sur la blaireautière mais sans forcément que ce soit son territoire à lui aussi. »
« Nous on a entendu que les blaireaux peuvent utiliser les mêmes terrier que les renards. »	
« Non maîtresse je pense pas parce que les renards eux ils peuvent garder les feuilles, les blaireaux eux quand y descendent le truc, ils retirent les feuilles. »	

réinvestissement
des connaissances
fonctionnelles

Certains ont ainsi voulu mettre un piège photos « au terrier 8, à l'endroit où on a vu des griffes, mais on sait pas à qui c'est...Pour savoir à quelles griffes ça appartient. »

D'autres élèves ont proposé de disposer des pièges photos et à deux autres endroits de mettre des cages, « parce que on a vu que l'empreinte c'était 7 cm, alors il vaut mieux mettre un piège photo, parce que c'est peut-être un gros animal et il pourrait pas rentrer dans la cage. »

« Il faudra mettre une cage à l'endroit où il passe beaucoup, sur une coulée. »

Enfin d'autres élèves ont pensé qu'il fallait disposer un piège à appâts « pour les appâter », « pour les attirer », « il faudrait mettre un piège à empreintes et un piège à appâts, comme ça vous mettez le piège à empreintes à un endroit comme ça on aura l'empreinte et devant un piège à appâts pour les attirer. »

pré-requis
nécessaires
avant d'effectuer
un travail
de problématisation

Nous venons de montrer que certains élèves ont réussi à rentrer dans une activité de problématisation. Pour arriver à cet objectif, ils ont tout d'abord dû enrichir leur vocabulaire dans deux champs, celui des outils et méthodes de recherche en éthologie et celui de la détermination des animaux et de leur territoire. Cependant pour ne pas se cantonner dans une dérive du « tout méthodologique », du temps a été nécessaire pour dépasser l'intérêt des élèves qui se focalisaient prioritairement sur les outils (pièges à traces, cage de captures, *radio-tracking*...). Un travail métacognitif sur l'observation a été par la suite nécessaire pour conduire progressivement les élèves à structurer leurs observations, à les hiérarchiser pour rentrer dans une activité de problématisation. Il est particulièrement intéressant de noter qu'au cours de la dernière séquence que nous avons analysée les élèves ont fait preuve de l'acquisition d'un savoir opérant dans le sens où ils ont largement contribué à poser et résoudre le problème scientifique rencontré en mettant à profit l'ensemble des connaissances acquises (techniques, linguistiques, connaissances fonctionnelles) durant ces trois années.

4. CONCLUSION

un accompagnement
des enseignants
dans le temps...

Il ressort de ce projet qu'une activité de problématisation est complexe à réaliser et qu'elle nécessite au préalable un travail réflexif des enseignants. L'analyse du projet *Chercheurs en herbe* illustre en effet très clairement la dynamique instaurée d'une part entre enfants et formateurs et d'autre part au sein même de l'équipe d'encadrants. Ceci justifie *a posteriori* notre premier choix de travailler dans le cadre d'une recherche collaborative au sein de laquelle chacun des acteurs (animateurs, chercheurs, conseillers pédagogiques, enseignants) a pu ré-interroger ses propres pratiques pour *in fine* mettre en place un enseignement prenant du sens pour les élèves, car il débouchait sur une activité de problématisation.

Il nous semblait également important d'inscrire cette approche dans le temps. Mais, pour des raisons personnelles et pratiques liées au fonctionnement des classes, les situations des six cohortes ont été très différentes, une seule enseignante a pu suivre, comme nous l'avions souhaité, ses élèves sur les trois années, dans certaines classes les enseignants ont pu suivre leurs élèves sur deux années, enfin dans les dernières les enseignants ont changé chaque année (12).

(12) La situation est encore un peu plus complexe car certains enseignants, qui n'ont suivi le projet avec leurs élèves que pendant une année, ont cependant participé aux réunions d'échanges et de préparation pendant les autres années. Ces trop grandes disparités entre les situations des six cohortes que nous avons suivies nous ont malheureusement contraint à abandonner notre souhait premier de réaliser une étude globale sur les six cohortes.

« J'ai particulièrement apprécié le fait d'être portée par un projet. ça m'a aidé à analyser ma pratique, à mieux écouter mes élèves, à prendre du temps pour les laisser chercher sans répondre directement à leurs questions. Mais je regrette de ne pas avoir pu suivre l'ensemble du projet, car je n'ai pas eu le temps suffisant pour appréhender réellement cette nouvelle pratique d'enseignement. »

Une autre enseignante, qui n'a également suivi le projet que sur une année, précise :

...basé sur
un travail réflexif...

« Dans ce projet c'est la mise en place d'une démarche de résolution de problèmes qui m'a le plus intéressée, ça m'a montré que c'est possible avec de jeunes enfants et qu'on peut sortir de l'école pour apprendre, mais le plus dur ça va être de continuer seule dans la classe. »

Ainsi, bien que les travaux que nous présentons dans le cadre de cet article ne soient pas représentatifs de ceux effectués par les élèves des six cohortes, il nous semble indispensable d'inscrire l'évolution de cette cohorte d'élèves dans le cadre plus général de la recherche collaborative que nous avons effectuée. En effet, seul le travail réflexif conduit au sein de ce groupe a pu faire évoluer les représentations tant sur l'enseignement scientifique, l'activité d'observation, que sur la problématisation des participants de ce projet y compris donc ceux qui étaient directement impliqués dans le suivi de cette cohorte, à savoir l'enseignante, les trois animateurs, et le parrain chercheur.

L'enseignante de la classe nous précisait lors d'un entretien à la fin de la dernière année : *« je me suis inscrite dans le projet parce que je savais que je n'étais pas très performante dans les sciences. À l'issue du projet, il est évident que je continuerai à travailler dans cette démarche d'investigation et de problématisation et que je ne reviendrai jamais à l'état de ma pratique antérieure. »*

...pour permettre
l'évolution
des pratiques

Il est également intéressant de noter que la participation à ce projet a induit, chez le parrain chercheur, une réflexion sur la démarche d'enseignement. *« On n'avait pas la même idée de l'enseignement ni sur certains concepts, on avait des lacunes sur la façon d'aborder la démarche scientifique (...) Chercheurs en herbe a contribué à me faire prendre conscience que les enfants peuvent eux-mêmes trouver des réponses à leurs questions. »*

Il en a été de même pour l'un des animateurs du CIN. *« Ce projet a illustré des théories éducatives que je connaissais bien, mais qui sont difficiles à intégrer en tant qu'animateur. Ça a été pour moi très déroutant. Durant les premières séances je n'ai pas pu jouer le jeu, et puis j'ai été déstabilisé, et j'ai réussi à changer ma pratique, à laisser les enfants observer, à les écouter plutôt que de donner tout de suite une réponse à leurs questions ».*

Nous prétendons que dans le cadre d'un tel projet de partenariat, l'évolution des pratiques des enseignants, animateurs et chercheurs (parrains de la classe) vers l'acquisition de savoirs opérants qui permettent aux élèves de maîtriser des problèmes scientifiques ne sera possible que si elle s'accompagne d'une mutation profonde des pratiques de formation des enseignants

et animateurs. Il nous semble indispensable, dans ce cadre, de privilégier un mode collaboratif de recherche et de formation qui induit, dans le temps, un travail réflexif autour des différentes conceptions qui sous tendent l'enseignement et l'apprentissage dans une perspective socioconstructiviste.

Yves GIRAULT

USM 702 Muséologie et médiation des sciences
Muséum national d'Histoire naturelle
UMR STEF ENS Cachan – INRP France
girault@mnhn.fr

Catherine LAPÉROUSE

Professeur des écoles,
Maître formateur – IUFM de Reims
Annexe de Charleville-Mézières
cathlaperouse74@aol.com

Ont participé à cette recherche collaborative :

J.-P. Baux, J. Blumberg, C. Cohen, Y. Girault, F. Lemire, F. Noé et O. Rousseau pour le MNHN ; É. Baudon, J. Chériski-Nort et P. Vauchelet (enseignant détaché) pour le CIN de Boult-aux-Bois ; R. Helder, M.-L. Poulle, O. Rousseau et N. Villerette pour le 2C2A-CERFE ; pour l'Éducation Nationale, Mlle Beaucourt, enseignante à l'école de Savigny-sur-Aisne (CP-CE1 en 2003), Mme Boquet, enseignante à l'école Lassaux de Rethel (GSM en 2002), M. Bouvart, enseignant à l'école de Vandy (CP-CE1 en 2002 et 2003), M. Carbonneaux, IEN de la circonscription de Vouziers, chargé de la mise en place du PRESTE (en 2003), M. Dejente, CPAIEN de Vouziers (en 2003), Mme Destombe, enseignante à l'école d'Olizy (GSM en 2002), M. Destombe, professeur de SVT retraité (suivi bénévole des GSM d'Olizy en 2002), M. Didier, maître ressource sciences coordonnateur du PRESTE (en 2002 et 2003), Mmes Gaillot et Flamion, enseignantes à l'école Wautelet de Charleville-Mézières (GSM en 2002), Mlle Godard, enseignante à l'école Brossolette de Charleville-Mézières (CP en 2003), Mme Gonnet, CPAIEN de Rethel (en 2002 et 2003), M. Gonnet, IEN de la circonscription de Vouziers, chargé de la mise en place du PRESTE (en 2002), Mme Justin, enseignante à l'école de Savigny-sur-Aisne (CP en 2002 et CP-CE1 en 2003), M. Kuzniak, enseignant à l'école des Capucines de Charleville-Mézières (CP en 2003), Mme Lapérouse, Professeur des écoles maître-formateur à l'école Viénot de Charleville-Mézières/I.U.F.M. de Reims annexe de Charleville Mézières (CP en 2002, CE1 en 2003, CE2 en 2004), Mme Liesch, animatrice du point ressource sensoriel du REP Ronde-couture et coordinatrice du REP Ronde-couture Charleville Sud (en 2002 et 2003), Mme Monclin et Mlle Martin, enseignantes à l'école Mazarin de Rethel (CP en 2003), Mme Renard, enseignante à l'école des Capucines de Charleville-Mézières (GSM en 2002 et suivi bénévole des CP en 2003), Mme Saillard, CPAIEN de Vouziers (en 2002).

BIBLIOGRAPHIE

ASTOLFI, J.-P. (1992). *L'école pour apprendre*, Paris : ESF.

BEDNARZ, N. (2000). Formation continue des enseignants en mathématiques : une nécessaire prise en compte du contexte. In P. Blouin et L. Gattuso (Éds), (pp. 63,78). *Didactique et formation des enseignants*. Montréal : Modulo Éditeur.

BRACKE, D. (2004). Un modèle fonctionnel du transfert pour l'éducation. In A. Presseau et M. Frenay (Dir.), (pp. 77,106). *Le transfert des apprentissages. Comprendre pour mieux intervenir*. Sainte Foy : Les Presses de l'université Laval.

BRACKE, D. (1998a). Vers un modèle théorique du transfert : Les contraintes à respecter. *Revue des sciences de l'éducation*, XXIV(2), 235-266.

BRACKE, D. (1998b). *Vers un modèle théorique du transfert. Le rôle des affordances, des catégories et des modèles mentaux*. Thèse de doctorat inédite. Université de Montréal.

HOST, V. (1998). Victor Host (1914-1998). *Aster* 27, 183-198.

DESGAGNÉ S. (2001). La recherche collaborative : nouvelle dynamique de recherche en éducation. In Anadon M et l'Hostie M (Dir.), (pp. 51,76). *Nouvelles dynamiques de recherche en éducation*, Québec : Les Presses de l'université Laval.

FABRE, M. & ORANGE, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster* 37, 37-58.

FOUREZ, G. & ENGLEBERT-LECOMTE, V. (1999) ; Enseigner les démarches scientifiques. *Probio-Revue* 22, 3-16.

FOUREZ, G., ENGLEBERT-LECOMTE, V. & MATHY, P. (1997). *Nos Savoirs sur nos Savoirs, un lexique d'épistémologie pour l'enseignement*. Bruxelles – Paris : De Boeck université.

GIBSON, J.-J. (1977). The theory of affordances. In R. Shaw et J. Bransford (dir.), (pp. 67-82). *Perceiving, acting and knowing. Toward an ecological psychology*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.

GIRAULT, Y. (2005). Des recherches participatives aux communautés d'apprentissage en ERE : des situations de co-construction de savoirs en ERE. In L. Sauvé (coord.). *Le croisement des savoirs au cœur des recherches en éducation relative à l'environnement. Cahiers scientifiques de l'Acfas*. Montréal.

GIRAULT, Y. (Dir.) (2000). *Prise en compte des intérêts des élèves dans le cadre de l'appropriation des savoirs scientifiques dans les espaces muséaux*. Rapport de recherche, comité national de la Recherche en éducation. 317 pages.

GIRAULT, Y. (1999). L'école et ses partenaires scientifiques. *Aster*, 29.

GUICHARD, J. (1998) *Observer pour comprendre les sciences de la vie et de la terre*. Paris : Hachette Éducation.

KAHN, P. (2000). L'enseignement des sciences, de Ferry à l'éveil. *Aster* 31, 9-37.

LOARER, C. (2002). Rapport sur la rénovation de l'enseignement des sciences.
<ftp://trf.education.gouv.fr/pub/edutel/syst/igen/ep-renovscietech>

ORANGE, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie. Quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : Presses Universitaire de France.

ROSCH, E. (1975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of Experimental Psychology : General*, 104, 192-233.

ROSCH, E. (1978). Principles of categorization. In Rosch, E. et Lloyd, B. B. (dir.), *Cognition and categorization* (pp. 27, 48). Hillsdale, NJ : Erlbaum.

RUMELHARD, G. (1997). Problématiser le vivant. In *La problématique d'une discipline à l'autre*. (pp. 157, 177). Paris : ADAPT éditions.

SCHÖN, D. A. (1983). *The Reflective practitioner*. New York : Basic Books.

TARDIF, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique : L'apport de la psychologie cognitive*. Montréal : Les Éditions Logiques.

VYGOTSKI L.-S. (1985). *Pensée et langage*. Paris : Éditions Sociales.

DÉBAT SCIENTIFIQUE ET ENGAGEMENT DES ÉLÈVES DANS LA PROBLÉMATISATION : *Cas d'un débat sur la commande nerveuse du mouvement en CM2 (10-11 ans)*

Françoise Beorchia

Cet article reprend en partie une recherche conduite dans le cadre d'un travail de thèse. L'exploration des espaces de contraintes concernant la communication nerveuse, conduite dans plusieurs niveaux scolaires et dans l'histoire des sciences, a fourni des outils de base d'analyse des débats sur ce thème encore peu exploré du point de vue de la construction de problèmes. Nous avons voulu continuer ce travail dans deux directions, celle du suivi des élèves pas à pas dans le débat pour préciser leur engagement dans la problématisation, et celle du repérage des fondements ou principes d'explication sous-jacents. Cela nous conduit à utiliser des approches des sciences du langage, en complément des analyses épistémologiques, lorsque nous cherchons à mieux comprendre les relations étroites entre problématisation et argumentation.

le problème
n'est pas que
point de départ
d'une investigation

L'idée de problème est devenue commune dans l'enseignement des sciences tant à l'école primaire qu'au collège et au lycée (1) ; elle est présente dans les instructions officielles dont nous ne développerons pas ici l'analyse. On peut y relever que le *problème* permet d'engager les élèves dans une activité d'investigation, de les motiver dans une recherche de réponses.

Or, si nous nous référons aux épistémologues comme Bachelard, Popper, Canguilhem, il s'avère que le problème n'est pas seulement déclencheur d'une recherche mais qu'il est constitutif de l'activité scientifique. Ainsi dans *Conjectures et réfutations* (1991, p. 33), Popper souligne-t-il sa représentation de la science comme « *processus ayant pour point de départ et pour terme la formulation de problèmes toujours plus fondamentaux et dont la fécondité ne cesse de s'accroître, en donnant le jour à d'autres problèmes encore inédits.* »

Mais le problème n'est pas seulement présent au début et à la fin du processus : « *Car un problème est une difficulté, et comprendre un problème consiste à découvrir qu'il y a une difficulté et où gît la difficulté. Ce qui ne peut se faire qu'en découvrant pourquoi certaines solutions de prime abord ne marchent pas.* » (Popper 1991, p. 282). La compréhension du problème ou sa construction n'est pas simplement l'identification de la

(1) Voir par exemple les documents d'application des programmes *sciences et technologie* cycle 3 applicables à la rentrée 2002 : « *Poser un problème, donner aux élèves le temps d'y réfléchir, individuellement puis par petits groupes, confronter les hypothèses, mettre en relief les désaccords, créent une dynamique de classe. Le problème devient celui des élèves. Les désaccords sont alors sources de motivation.* »

le problème
est aussi...

...moyen d'accès
au savoir scientifique

difficulté et de son origine. Cela passe aussi par la critique et le raisonnement qui permet de savoir pourquoi les solutions adoptées ne sont pas efficaces.

Même si les élèves ne sont pas des scientifiques on peut s'interroger sur la fonction des problèmes dans les apprentissages scientifiques. La position que nous avons choisie est de considérer le problème comme le moyen d'accès au savoir scientifique (Orange, 2000) et non seulement comme point de départ d'investigations par les élèves. Il s'agit de les aider à construire des problèmes leur permettant d'accéder à un savoir raisonné et argumenté. À ce jour, les conditions dans lesquelles cet accès aux raisons est possible sont loin d'avoir été explorées dans leur ensemble ; nous nous sommes pour le moment surtout intéressés à ce qui se passe dans les débats scientifiques (Johsua & Dupin, 1993), moments privilégiés pour les interactions entre élèves. Dans ce cadre, il importe de mieux comprendre comment les élèves peuvent s'appropriier un problème et le construire, sachant que cette construction sera l'occasion d'accéder à un savoir raisonné et argumenté. Dans cet article nous aborderons la construction de problème lors du débat scientifique tout en précisant les distinctions que nous faisons avec *position* (ou *perception*) du problème (Fabre, 1999). Mais nous ne voulons pas nous contenter de l'approche globale des raisons construites, nous souhaitons aussi analyser plus finement le parcours des élèves dans ce débat : cela sera fait sur une étude de cas, à propos d'un débat sur la commande nerveuse du mouvement dans une classe de CM2 (élèves de 10-11 ans).

Après la présentation du cas étudié et quelques précisions sur notre cadre théorique, nous analyserons le débat d'abord d'un point de vue global puis nous reprendrons quelques épisodes pour une analyse plus fine des interactions entre élèves de façon à préciser le « degré » de problématisation atteint par certains d'entre eux et donner quelques indications sur les cadres explicatifs dans lesquels ils se situent.

1. PRÉSENTATION DU CAS ÉTUDIÉ ET DES FONCTIONS DIDACTIQUES DES DIVERSES ÉTAPES PAR RAPPORT À LA PROBLÉMATISATION

1.1. La classe et le déroulement du projet

La classe (2) considérée est un CM2 (10-11 ans) en fin d'année. Le travail mené en sciences s'appuie sur les conceptions des élèves et la pratique du débat est habituelle dans cette classe (y compris dans d'autres disciplines que les sciences). L'enseignant, maître formateur, a d'autre part participé à des

(2) Il s'agit de la classe de Laurent Le Marquis, École hameau Baquesne Cherbourg Octeville (2002).

séquence
d'apprentissage
centrée sur...

... la commande
nerveuse
du mouvement

groupes de *formation action*, dont les travaux portaient sur les indicateurs de problématisation.

Les données qui vont être analysées sont issues d'un projet d'enseignement avec comme objet d'étude, la commande nerveuse du mouvement du bras. Ce travail se situait dans la continuité d'une séquence sur la réalisation du mouvement au niveau de l'articulation du bras et des muscles concernés. Plusieurs productions écrites ont été réalisées. Les phases orales ont été enregistrées et retranscrites. L'ensemble de ces traces de formulation par les élèves constitue les données sur lesquelles nous nous appuyons pour tenter d'explorer l'*espace problème* (Fabre & Orange, 1997 ; Fabre, 1999) qui a pu se construire lors de cette séquence, pour cerner le parcours cognitif de certains élèves (en particulier ceux qui sont le plus intervenus lors des phases orales de débat), en d'autres termes pour essayer de définir la construction du problème de commande nerveuse du mouvement à ce niveau. Par *espace problème*, nous entendons ce qui va se construire en partant de la prise de conscience qu'une question se pose pour aboutir à l'organisation des éléments du problème. La séquence que nous allons étudier a comporté plusieurs séances (cf. document 1).

Document 1. Séances du projet : contenus, supports et productions

Numéro de la séance Finalité de la séance	Durée	Support	Nature des productions réalisées
1 Recueil des explications initiales individuelles	30 mn	Bilan du travail de la séquence précédente (sous forme d'une affiche avec texte et schéma)	Écrites individuelles Questions posées : <i>Comment le cerveau peut faire pour que le muscle se contracte ?</i> <i>Qu'est ce qui se passe entre le cerveau et le muscle ?</i>
2 Recueil des explications des groupes homogènes	45 mn	Les vingt et une productions (3) individuelles de la séance 1. Chaque groupe dispose des productions individuelles des élèves du groupe.	Écrite de groupe : affiche
3 Débat de classe	1 h 30	Sept productions de groupe (trois sont données en annexes)	Écrite par le maître à l'issue de la présentation de chaque production de groupe : affiche Orale (transcription du débat)
4 Bilan du débat	1h	Affiches récapitulant les explications de chaque groupe (écrites par le maître lors de la séance 3)	Orale (transcription de la discussion) Écrite par le maître : affiche
5 Confrontation aux documents scientifiques	1h 30	Sept productions de groupes Documents scientifiques adaptés	Orale (transcription du débat) Trace écrite collective

(3) Toutes les productions ont été recueillies et sont disponibles sur demande à l'adresse suivante : francoise.beorchia@caen.iufm.fr.

une séquence
en cinq séances

Les analyses proposées s'appuient plus particulièrement sur les productions écrites de la phase 2 et les productions orales de la phase 3.

Pour comprendre le parcours des élèves au cours du projet, nous allons apporter quelques précisions sur les fonctions de chaque séance dans le processus de problématisation. Il ne s'agit pas d'affirmer par avance que tel moment correspond à tel processus mais de mieux cerner les intentions de l'enseignant dans chacune des séances du dispositif.

1.2. Discussion sur les fonctions supposées de chaque séance en référence à notre cadre théorique

• *Quelques précisions sur la distinction entre problème perçu et problème construit*

« percevoir
un problème »...

Percevoir le problème (du côté de l'élève) implique une prise de conscience de ce qui fait problème ; il s'agit de percevoir le problème (nous préférons percevoir à poser pour bien indiquer que c'est l'élève qui est concerné et non l'enseignant qui pose un problème). L'élève s'aperçoit qu'il y a un problème, quand, lors de la recherche d'une réponse à une question, tout le monde n'a pas la même réponse (controverse) ou quand il n'a pas de réponse (échec) ou encore quand sa réponse est incomplète ou non satisfaisante (difficulté). Mais cela peut rester totalement implicite. Poser le problème, c'est en sus être capable de formuler l'incertitude, le doute, la difficulté qui résulte de cette perception. De l'implicite d'un problème, on passe à de l'explicite. Du subjectif ou de l'intersubjectif, on passe à de l'objectif. Mais percevoir le problème, voire le poser, n'est pas le construire.

...est différent de

« construire
un problème »

Pour préciser maintenant ce que nous entendons par construction de problèmes, citons tout d'abord Bachelard (1947) : « *Toute pensée scientifique se dédouble en pensée assertorique et pensée apodictique, entre une pensée consciente du fait de pensée et pensée consciente de la normativité de pensée* ». La pensée assertorique fixe certains éléments : je peux penser que, mais je pourrais aussi bien penser autrement. À la question du comment est déclenché le mouvement du bras, les élèves construisent des explications en sélectionnant des données pertinentes (dans le bras il y a des muscles, des os et des nerfs, les muscles en se contractant tirent sur les os...) et proposent des modèles (le cerveau envoie un ordre au muscle qui se contracte...) ; ces explications sont des solutions au problème posé. Mais on reste dans l'assertorique car les solutions ne sont pas fondées, on ne sait pas pourquoi elles marchent.

construction
de problèmes :

En revanche, lors du débat, ces différentes solutions vont être examinées et critiquées pour en tester les conditions de validité, ou encore les raisons : pour que le mouvement du bras se réalise, il faut nécessairement qu'il y ait transmission d'un ordre ; et pour cela, si on se situe dans une explication mécaniste, il faut un support matériel permettant le cheminement

mise en tension...

du message. On accède à l'apodictique : la pensée se situe alors au centre d'un réseau de nécessités, de normes qui fait qu'elle ne pourrait pas être autre. Cette fois il s'agit de savoir pourquoi la transmission est nécessaire au bon fonctionnement et à la réalisation du mouvement effectué. La pensée assertorique en sciences permet de fixer certains éléments (faits, principes, formes) qui ne sont pas discutés mais admis, tandis que la pensée apodictique travaille à comprendre ce qui, parmi un certain nombre de possibles envisagés, peut être retenu en fonction de conditions de validité. Pour un problème donné, ces normes (qui dépendent à la fois du mode de pensée choisi et de ce qui caractérise l'objet étudié) ne sont pas arbitraires mais définies dans un certain cadre de recherche ou registre explicatif (Orange 2000).

...entre faits
et idées

La construction de problèmes s'inscrit dans ce dédoublement ; elle engage le sujet dans un processus rationnel qui va l'aider à dépasser la connaissance commune. La rupture avec celle-ci se manifestera par la mise en tension entre faits (registre empirique ou RE) et idées (registre des modèles ou RM), deux champs confondus dans la phénoménologie de première prise ou pensée commune. Cette mise en tension se manifeste dans les interventions des élèves sous la forme de propositions contenant des mises en relation entre les deux registres (propositions de type RE-RM) ou encore dans celles qui ont une dimension critique (proposition de type RMc appartenant au registre des modèles).

Voyons dans le déroulement de ce projet quels moments peuvent être favorables à ce processus.

• Le débat scientifique, moment privilégié pour la perception et la construction de problèmes

Les questions posées individuellement dans la séance 1 peuvent être comprises par tous les élèves, puisque la séquence précédente a permis de construire et résoudre le problème du fonctionnement de l'articulation et du rôle des muscles dans le mouvement sans régler celui de la commande de ce mouvement. On ne peut cependant pas affirmer qu'il existe un problème posé, ni même perçu, pour chacun de ces élèves : ils sont à ce moment capables de donner une réponse aux questions (cf. tableau 1) ; il n'y a pas de problème pour eux. Cette séance a pour fonction de les engager dans une première réflexion sur leurs idées personnelles.

débats entre pairs :

Lors du travail de groupe de la deuxième séance, la confrontation des productions individuelles par groupes homogènes d'explications va conduire à une tentative plus élaborée (car devant être présentée devant la classe), peut-être dans certains cas plus riche en éléments explicatifs. La question (ou le problème) commence à être cernée de façon plus précise : on commence à comprendre de quoi on parle et ce qu'on cherche à expliquer.

Toutefois, il ne peut encore s'agir que d'une prise de conscience et non d'un problème perçu comme tel, puisqu'on passe d'une question à une réponse sans qu'il y ait énigme (4) ou controverse (5) (Fabre, 1999) explicites. Nous ne voulons pas dire que la problématisation n'a pas déjà été engagée mais que les conditions ne sont pas alors réunies pour qu'elle se manifeste dans le discours des élèves et devienne publique.

Les séances 3, 4 et 5 sont en revanche riches en éléments significatifs et explicites de problématisation :

moments privilégiés
pour l'accès
aux raisons...

- controverses,
- mises en tension entre registre empirique et registre des modèles : propositions RE-RM,
- argumentation : par exemple proposition de type RMc.

Une différence existe cependant entre les séances 3, 4 d'une part et 5 d'autre part :

Les séances 3 et 4 sont orientées vers la construction de problèmes par la recherche non d'une solution mais des raisons qui fondent les explications proposées par les élèves (Orange, 2000). Cette orientation est voulue par l'enseignant dont les interventions visent souvent la recherche de ces raisons en questionnant le pourquoi des propositions faites par les élèves (Fabre, 1999). C'est une exploration des possibles visant à en cerner les limites et les fondements.

...repérable dans
l'argumentation

D'autre part, la possibilité donnée à tous les groupes d'aller au bout de leur explication sans qu'il y ait une quelconque hiérarchie dans leurs propositions est favorable aux interactions et aux controverses et à partir de là à une recherche d'argumentation. (Grize, 1982). La formulation d'énoncés par les membres des différents groupes déclenche de la part des autres participants de la classe des réponses actives, en accord ou en désaccord avec ce qui a été dit (Bakhtine, 1984).

La séance 5 est davantage orientée vers la résolution du problème puisque l'on vise à comprendre les explications scientifiques actuelles par l'intermédiaire des documents scientifiques proposés. Ils ont statut de référence pour les élèves. Les informations que ces derniers en extraient sont confrontées avec les propositions issues du débat. Ils viennent donc valider ou invalider les propositions explicatives faites lors des séances précédentes. Cependant il se peut que ce soit lors de cette confrontation que les élèves construisent ou reconstruisent le problème. En effet, l'apport de nouvelles données dans les documents est une autre occasion d'exploration des possibles (ceux proposés par les documents éventuellement différents de ceux proposés par les élèves) qui peut

-
- (4) Du moins n'est-elle pas conscientisée ni exprimée par les élèves qui répondent aux questions posées sans difficultés.
- (5) Le travail en groupes homogènes d'explication est conçu pour éviter qu'elles ne se produisent dans cette phase.

conduire à l'émergence de nouvelles raisons ou à la confirmation de celles déjà discutées. Nous n'utiliserons pas ces données ici (elles sont en cours d'analyse).

2. RAISONS EN JEU DANS LE DÉBAT (SÉANCE 3) : ANALYSE MACROSCOPIQUE

engagement
des élèves dans
la problématisation

Pour pouvoir préciser l'engagement des élèves dans la problématisation nous avons besoin de certains repères :

Les modèles explicatifs des élèves et groupes d'élèves. Ils sont accessibles dans leurs productions écrites. Ils nous donnent une idée sur l'état initial des élèves mais ne contiennent que peu d'éléments sur la façon dont ils raisonnent.

L'ensemble des problèmes soulevés et construits lors du débat, c'est-à-dire le réseau de contraintes empiriques et de nécessités sur les modèles qui ont été discutés.

Nous allons d'abord considérer la classe dans son ensemble en analysant globalement l'espace de contraintes (Orange, 2000, 2003) construit au cours du débat de la séance 3 et repris lors de la séance 4. L'espace de contraintes est une schématisation de l'ensemble des mises en tension exprimées dans le débat, repérables dans les propositions des élèves. Ses principes de construction seront explicités dans les paragraphes qui suivent.

2.1. Catégorisation des productions écrites

des repères...

Sept groupes homogènes (en ce qui concerne leurs modèles explicatifs) ont été formés d'abord selon la nature du lien anatomique exprimé dans les productions écrites puis en fonction des précisions apportées sur les relations fonctionnelles entre cerveau et muscle.

...dans les traces
écrites...

L'explicitation des productions de groupes lors du débat a permis de répertorier quatre types d'explications de la commande cérébrale du muscle :

- le cerveau envoie des signaux dans le corps mais il n'y a pas de support nerveux entre cerveau et muscle (1 groupe de 2 élèves : groupe I) (annexe 1 (6)) ;
- le cerveau commande les muscles en exerçant une traction ; les nerfs sont des fils qui tirent (1 groupe de 3 élèves, groupe II) ;
- le cerveau commande les muscles en envoyant un liquide dans les muscles ; les nerfs sont des tuyaux (trois groupes d'élèves, groupes IV, V et VI) (annexes 2 et 3) ;

(6) Seules les productions écrites des groupes I, IV et V sont en annexes. Ce sont ces groupes dont il est question dans les paragraphes 3 et 4.

- le cerveau commande les muscles en envoyant du courant ; les nerfs peuvent être des fils ou des tuyaux (la nature du courant est cependant incertaine pour un des groupes) (deux groupes, groupes III et VII).

...et dans les productions orales

De plus un groupe sur sept envisage la commande consécutivement à la réception d'une information extérieure *via* les organes des sens.

Comme nous l'avons précisé plus haut, dans cette phase de production de groupe, les élèves s'approprient les questions posées ; il n'y pas de problème pour eux. Ils sont à ce stade capables de répondre à la question posée d'une façon qui les satisfait ; on peut constater que les productions ne contiennent que des propositions affirmatives et aucune justification de ce qui est avancé comme explication. L'analyse des productions écrites prend plus de sens quand on les traite en même temps que les productions orales. C'est en effet lors du débat que les élèves sont amenés à justifier leur modèle explicatif, à en constater les limites éventuelles grâce aux interventions de leurs camarades et du maître.

2.2. Choix effectués dans l'analyse du débat

du registre empirique...

Nous considérons que tout ce qui renvoie au vécu, à l'observable, au construit (7) dans le projet précédent (sur le mouvement du bras) appartient au registre empirique (RE) et que tout ce qui relève des idées explicatives sur le fonctionnement nerveux fait partie du registre des modèles (RM). Nous sommes conscients cependant qu'en ce qui concerne les notions construites dans le projet précédent (le muscle qui se contracte et se relâche ; lorsqu'il se contracte, il se raccourcit entraînant ainsi le tendon et l'os), il s'agit d'une généralisation de l'acquisition d'une phénoménologie savante qui n'est sans doute pas réalisée chez tous les élèves. L'analyse des productions individuelles et de groupes faite avant le débat montre que tous représentent les muscles comme lieu de l'action (presque tous représentent même les deux muscles) ; la localisation des muscles qui interviennent, ainsi que le fait qu'ils sont responsables du mouvement fait partie des connaissances acquises par la classe et en ce sens du registre empirique commun. Pour ce qui est de la relation causale entre le raccourcissement du muscle suite à la contraction et la flexion, elle ne semble pas complètement stabilisée chez tous les élèves.

(7) Ce qui a été discuté, critiqué et raisonné dans la séquence sur le mouvement du bras, à savoir les modalités de réalisation de ce mouvement : rôle des os, de l'articulation et des deux muscles de l'avant-bras dans la flexion du bras et son extension. Tout cela fait partie du vécu commun à la classe à l'issue d'une séance d'institutionnalisation.

...aux contraintes
empiriques...

Si on considère maintenant l'ensemble des contraintes et nécessités qui ont été discutées dans le débat, elles ont en effet concerné tous les groupes qui ont adopté spontanément un même registre explicatif (mécaniste) sauf peut-être le groupe 1 (et ce n'est pas certain, nous allons y revenir plus loin).

Les éléments du registre empirique peuvent être entendus comme contraintes empiriques (CE) lorsqu'ils sont soit les faits que l'on cherche à expliquer, soit les bases sur lesquelles on s'appuie pour expliquer. Le terme de « contraintes » que nous utilisons ici renvoie à l'idée qu'il s'agit de quelque chose dont on doit tenir compte dans l'explication pour qu'elle soit considérée comme acceptable.

2.3. Catégorisation des propositions

Les propositions de type CE peuvent être regroupées en 5 catégories :

- La première est celle du mouvement dont on cherche à comprendre ce qui le déclenche.
- La deuxième rassemble toutes les propositions de type RE qui mentionnent le lieu du corps concerné par le mouvement ; comme nous l'avons précisé plus haut du fait du travail précédent sur le mouvement, le lieu en question peut être le bras, ou bien le ou les muscles concernés par le mouvement (87 X (8) : *Le bras bouge*, 121 Julie : *C'était juste pour le mouvement du bras*, 579 X : *Un pour un muscle et l'autre pour l'autre muscle*).
- La troisième concerne le délai court entre la décision et l'exécution du geste (954 Amélie : *par exemple là tout de suite j'ai envie de manger la pomme le temps que ça arrive, ça fait ça : le bras se plie rapidement*).
- La quatrième est liée au projet (9) précédent : c'est le fait que deux muscles sont concernés par le mouvement.
- La cinquième est celle de la présence d'un objet pris en compte avant d'effectuer le mouvement mais elle ne concerne que le dernier groupe.

...articulées avec
des nécessités
sur les modèles

Les contraintes empiriques précédentes s'articulent avec des nécessités sur les modèles dans les propositions de type RE-RM, tandis que les interventions critiques (RMc) contiennent souvent des nécessités et éventuellement implicitement des contraintes.

(8) X désigne un élève non identifié dans le débat.

(9) Nous parlons du projet d'enseignement sur le mouvement qui a précédé dans cette classe celui sur la communication nerveuse.

contrainte
théorique...

Un présupposé théorique (ou contrainte théorique (10)) (« *C'est le cerveau qui commande* ») est repris du projet précédent et partagé par tous les élèves. Il conditionne les nécessités ou contraintes sur les modèles (notées CM) qui ont été construites lors du débat :

Nécessité d'une transmission : il faut que quelque chose se transmette entre le cerveau et le bras, pour que le mouvement se réalise.

Nécessité d'un support de transmission : seul le bras ou les muscles du bras sont concernés et l'ordre ou le signal est donné par le cerveau ; il faut donc quelque chose pour assurer spécifiquement la liaison entre le cerveau et le bras (ou les muscles) ; cette liaison s'étend à celle qui se situe entre œil et cerveau (voire même entre organe des sens et cerveau). Il en découle probablement une nécessité de continuité des structures car il faut que l'ordre rentre dans le muscle.

Puis nécessité d'une liaison double entre cerveau et muscles pour éviter le mélange des ordres. Plusieurs propositions associent intervention des deux muscles dans le mouvement et antagonisme de leur fonctionnement (avec l'idée non formulée de coordination).

Nécessité d'une rapidité de la transmission en relation avec la vitesse d'exécution.

Nécessité d'un moteur ou d'une force permettant la transmission.

D'autres nécessités ou impossibilités ont émergé mais elles ne sont pas retenues ici parce que n'étant pas directement en rapport avec la situation proposée : par exemple, la nécessité d'une permanence de la production de « neurones » (en tant que supports d'ordres) par le cerveau en relation avec le fait qu'en permanence se réalisent des mouvements.

2.4. Espace de contraintes dans ce débat

...et nécessité
sur les modèles...

La première nécessité construite, et sans doute par l'ensemble des groupes, est celle de la transmission ; il résulte de la mise en tension d'une contrainte empirique bien identifiée par les élèves, car un travail sur le mouvement a été fait lors d'un autre projet, et du présupposé théorique (« *le cerveau commande* »), à l'intérieur du registre explicatif (REX) mécaniste. Les contraintes et nécessités sont les suivantes :

- contrainte empirique : le bras se plie ou le bras bouge,
- contrainte théorique : le cerveau commande,
- nécessité sur les modèles : il faut que quelque chose se transmette par contact.

(10) Ce n'est ni une contrainte empirique car ne relevant pas de l'observable, ni une nécessité sur les modèles car c'est admis par tous, non discuté. Le centralisme cérébral (caractéristique de la problématique cartésienne) adopté ici pourrait constituer ultérieurement un obstacle à la compréhension de la notion de centres nerveux.

...caractéristiques
d'une explication
mécaniste
cartésienne

Cet ensemble caractérise bien le REX mécaniste. Précisons ce que nous entendons par REX mécaniste en nous reportant à Descartes lorsqu'il applique ses principes généraux au fonctionnement nerveux et musculaire : « *les particules cartésiennes peuvent interagir uniquement par contact et non par action à distance* » (Laudan, 1977). Ce mécanisme le conduit à expliquer le fonctionnement de l'appareil nerveux comme succession de chocs, tractions, écoulement, gonflements. Ainsi la transmission nerveuse est un mouvement : « *les mouvements produits, mais non créés par les machines, sont des déplacements géométriques et mesurables. Le mécanisme règle et transforme un mouvement dont l'impulsion lui est communiquée. Mécanisme n'est pas moteur.* » (Canguilhem, 1965). Ce sont des fibres nerveuses contenues dans les nerfs qui, pour Descartes, assurent la transmission : en se tendant, elles entraînent l'ouverture de pores dans le cerveau ; puis les esprits animaux qui s'écoulent dans les nerfs jusqu'aux muscles provoquent leur gonflement et par conséquent leur raccourcissement, causant ainsi le mouvement des segments du squelette auxquels ces muscles sont attachés. Le moteur de ce dispositif assurant le mouvement des esprits animaux dans l'ensemble des nerfs et des muscles est situé dans le cerveau.

Pour la classe considérée, nous pouvons exprimer cette construction du problème de transmission de la façon suivante : étant donné que le bras se plie et que c'est le cerveau qui lui ordonne de plier, il faut que quelque chose se transmette du cerveau au bras. Les différents possibles proposés, une traction, un liquide, une onde ou un courant, répondent à cette nécessité de transmission.

des REX différents

Mais si l'accord existe sur la nécessité de transmission, des différences isolent le premier groupe des autres : alors que les différents groupes ont construit une explication dans laquelle existe un lien matériel entre le cerveau et le(s) muscle(s), le premier groupe utilise un modèle de transmission sans support matériel. On peut penser que la majorité des groupes est dans un type d'explication mécaniste alors que le premier, envisageant une action à distance sans support, est dans une explication magique ou animiste, ou encore une absence de recherche du comment de la transmission (nous en discutons dans notre deuxième partie). Cependant, la spécificité de la commande pourrait relever d'une autre modalité comme c'est le cas dans la communication humorale : elle s'exerce du fait de la présence de récepteurs moléculaires spécifiques des molécules porteuses du message. C'est cependant un mode de transmission beaucoup moins rapide que la transmission nerveuse et d'autre part, cette hypothèse semble peu probable pour des élèves de cet âge.

Les diverses contraintes empiriques évoquées dans le paragraphe précédent existent pour la plupart des groupes :

La contrainte empirique du lieu précis du mouvement ne semble pas retenue par le groupe I mais par tous les autres.

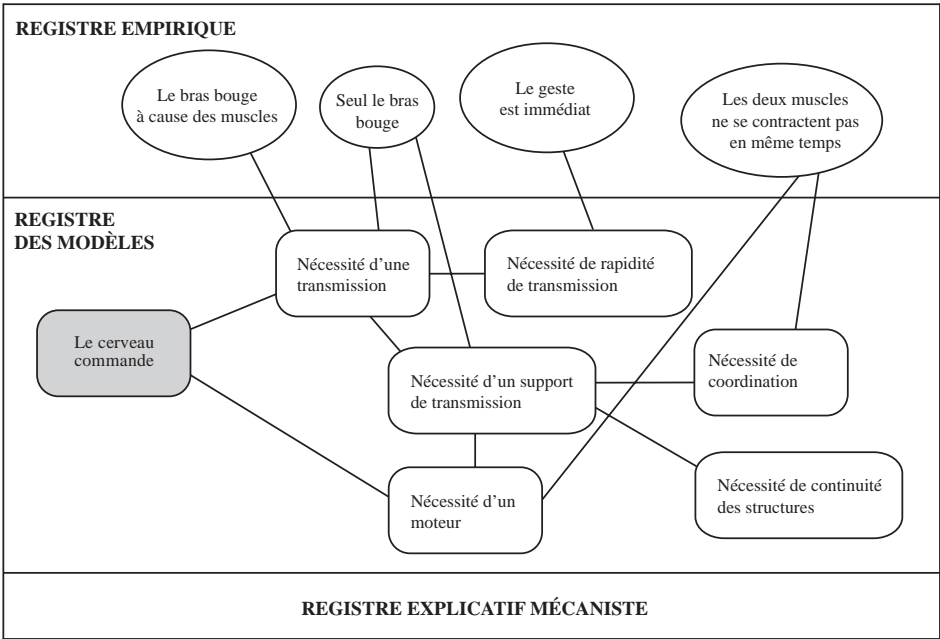
diverses solutions

Certaines contraintes concernent les muscles ; en particulier le fait que deux muscles sont concernés en même temps est une contrainte qu'on considère comme empirique mais appartenant à la phénoménologie savante puisqu'elle a été construite par les élèves au cours du projet précédent. En revanche le fonctionnement du muscle (11) ne semble pas faire l'unanimité ; ce que certains ont retenu c'est plutôt que le muscle tire sur l'os ; d'autres sont plutôt sur le gonflement du muscle lors de la contraction ; d'autres encore considèrent le besoin d'énergie du muscle,

Enfin une contrainte développée plutôt par les derniers groupes est celle de la rapidité d'exécution du geste. Elle est utile pour construire les caractéristiques du support de transmission nerveux.

Dans les débats enregistrés et transcrits, le relevé des controverses et des argumentations et la catégorisation des propositions selon les modalités présentées en 2.3. conduit à la schématisation d'un espace de contraintes possible (cf. document 2).

**Document 2. Espace de contraintes en jeu lors du débat (séance 3)
sur la commande nerveuse du mouvement en CM2**



(11) Il s'agit-là d'un problème situé en dehors de la problématique de communication nerveuse ; cependant la façon dont les élèves comprennent le fonctionnement du muscle conditionne les nécessités qu'ils construisent en ce qui concerne le fonctionnement nerveux.

La représentation sur le même schéma de toutes ces contraintes et nécessités ne signifie pas que toutes ont été construites par chacun des élèves, mais que pour une classe de ce niveau elle constitue une référence de ce qui peut être discuté. C'est un outil d'analyse pour d'autres débats sur le même thème à ce niveau.

espace
de contraintes
en CM2...

L'espace de contraintes construit est très voisin de la problématique cartésienne sur le mouvement avec une nécessité supplémentaire qui n'était pas du tout évoquée par Descartes mais qui semble avoir quelque importance pour les élèves de cette classe, à savoir la nécessité d'une transmission rapide.

L'argumentation importante développée dans ce débat est un indicateur que l'accès aux raisons a bien eu lieu. Le principal problème construit est celui de la transmission, problème fondamental de la problématique mécaniste. La classe a bien discuté de la pertinence des différents modèles mécanistes proposés en explorant en particulier leurs limites. Les conditions qui nous semblent pouvoir être retenues comme ayant favorisé cette problématisation sont :

- L'existence d'un registre explicatif commun : le registre explicatif mécaniste le plus fréquemment utilisé par les élèves de ce niveau. Il ne permet pas cependant d'aller très loin en ce qui concerne le fonctionnement nerveux et risque de conforter certains obstacles (12).
- Des références empiriques communes établies lors d'un projet précédent sur le fonctionnement musculaire lors du mouvement du bras,
- Un contrat didactique bien établi par le maître de la classe et bien compris par les élèves en ce qui concerne les fonctions et enjeux des débats en classe.

...dans un REX
mécaniste

Cette première analyse macroscopique donne un aperçu de ce qui a été discuté et construit mais ne permet pas de suivre en détail le parcours cognitif des élèves. D'autre part, l'analyse ne porte que sur les propositions susceptibles d'être porteuses de raisons (de type RE, RE-RM, RMc) :

- Les propositions RE peuvent en effet contenir des contraintes empiriques.
- Les propositions articulant RE et RM, peuvent contenir des contraintes empiriques et/ou des nécessités sur les modèles.
- Les propositions RMc, peuvent contenir des nécessités sur les modèles.

Sont laissées de côté un grand nombre d'interventions (par exemple celles de type RMf : registre des modèles concernant un fonctionnement) : elles donnent des indications sur les conceptions des élèves et peuvent servir de base pour une argumentation critique, mais ne contiennent en elles-mêmes ni

(12) On peut penser qu'un tel raisonnement pourra faire obstacle ultérieurement à l'idée de communication humorale.

zoom
sur trois épisodes
du débat

contraintes empiriques, ni nécessités sur les modèles ; cependant elles comportent des indicateurs de perception des problèmes ainsi que, pour certaines d'entre elles, des indices sur les fondements des modèles explicatifs développés par les élèves.

Les paragraphes suivants vont donc s'orienter vers des analyses plus fines autour de trois moments du débat de façon à en dégager des éléments pour mieux comprendre l'engagement des élèves dans la problématisation et l'argumentation qu'ils développent dans ce processus.

3. APPROPRIATION ET CONSTRUCTION DE PROBLÈMES : POINT DE VUE MICROSCOPIQUE

Nous allons essayer dans ce qui suit de préciser ce parcours cognitif des élèves en analysant plus finement certains épisodes de la séance 3 (chaque épisode (13) correspond au débat autour d'une production de groupe). Pour ces épisodes nous expliciterons les contraintes et nécessités construites dans les échanges concernés puis nous nous intéresserons à quelques élèves dont nous suivrons une partie du parcours dans l'épisode concerné. Nous discuterons alors de l'engagement de ceux-ci dans la problématisation et des raisons éventuelles qui peuvent expliquer l'interruption du processus.

3.1. Mise en histoire ou savoir raisonné ?

une transmission
du cerveau
au bras...

Le débat autour de l'affiche I (Kévin, Ayoub) peut se résumer de la façon suivante : sans support, la transmission n'est pas « ciblée ». Cette production appartient à la première catégorie (annexe 1) : le cerveau envoie des signaux dans le corps mais il n'y a pas de support matérialisé entre cerveau et muscle.

RE-RM	4 Kévin :	<i>Il reçoit des informations et après le cerveau envoie des signaux dans le bras et après le bras (mouvement de plier le bras) le bras plie, se plie.</i>	CE
-------	-----------	--	----

...sans support
matérialisé...

Pour Kévin, une contrainte empirique est repérée : c'est le bras qui plie ; elle est présente dans presque toutes ses interventions ; d'autre part, il s'appuie sur le présupposé théorique commun à toute la classe, c'est le cerveau qui commande. À partir de ces deux éléments, il semble avoir construit une nécessité de transmission puisqu'il propose

(13) Ces épisodes se font selon un certain rituel instauré par le maître de la classe :
– présentation par le groupe de son affiche (en général c'est une lecture de la partie texte, accompagnée de quelques gestes pour montrer certains éléments du schéma de l'affiche)
– questions du maître, intervention des autres élèves.
– synthèse de ce qui a été compris par les autres élèves (sous la forme d'une affiche dont le texte est écrit par le maître et dicté par les élèves).

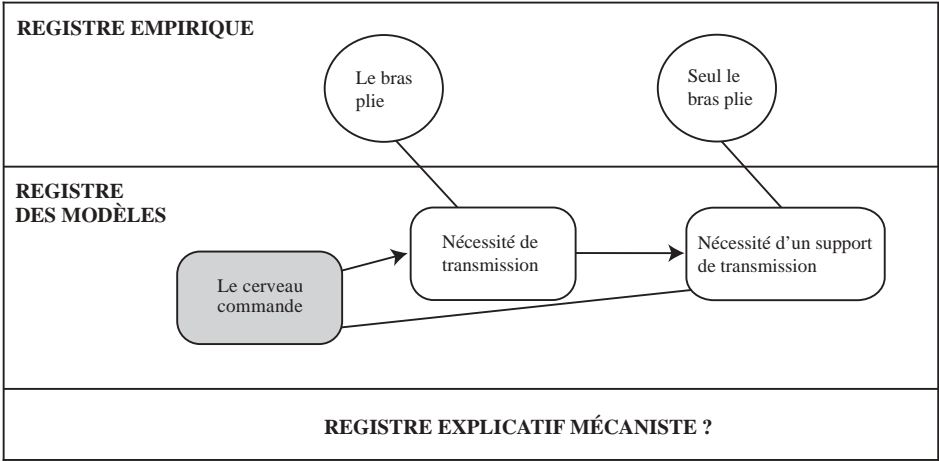
une explication du mouvement du bras qui plie par l’envoi de signaux par le cerveau au bras.
Cependant, cette explication est très vite contestée par Camille et surtout Florian :

RE-RM	26 Camille :	<i>Ca veut dire que les signaux ils vont partout.</i>	CE
RE-RM	28 Florian :	<i>Si on donne un ordre au bras, c’est peut-être la jambe qui va bouger</i>	CE
RMc	30 Florian :	<i>Il faut qu’il y ait quelque chose de spécial qui...</i>	CM
RE-RM	68 Florian :	<i>Les signaux pouvaient aller n’importe où.</i>	CE-CM
RE	77 Florian :	<i>Dans tout le corps c’est tout, les bras les jambes qui bougent.</i>	CE

...est-elle
vraisemblable
pour les élèves ?

Il apparaît donc dans cet ensemble de propositions une seconde contrainte empirique qui sera reprise par les autres groupes : seul le bras plie ; elle est présente implicitement dans les propositions (26, 28, 68, 77) qui évoquent les conséquences du modèle proposé par le groupe (sans support, les ordres vont partout).
La proposition 30 laisse supposer une mise en relation entre cette contrainte et une autre nécessité sur les modèles : nécessité d’un support, d’une liaison anatomique.
L’espace de contraintes construit lors de la discussion de la production du premier groupe est donc très limité du moins au départ mais il fait émerger de nouvelles contraintes et nécessités par les interventions des élèves des autres groupes (cf. document 3).

**Document 3. Espace de contraintes en jeu lors du débat
autour de la production du groupe I**



Malgré les objections des élèves des autres groupes Kévin ne modifie pas son explication ; il va cependant lors des échanges faire évoluer ses interventions indiquant par là une prise de conscience des raisons en jeu :

20 Kévin :	<i>Ben ils passent par le corps après il va dans le bras et puis il plie, le bras il plie.</i>
24 Kévin :	<i>Le cerveau il donne des informations qui vont dans le corps ; il donne des ordres et après il passe par le corps ça fait plier le bras.</i>
78 Kévin :	<i>Non ils vont dans le bras et puis après le bras il plie.</i>
83 Kévin :	<i>Par exemple il se dit je vais plier le bras après les signaux vont dans tout le corps ; alors le bras va plier c'est pas la jambe.</i>

évolution
du discours :

Les propositions 20, 24 et 78 comme la 4 citée au début du paragraphe décrivent le fonctionnement par une mise en histoire, ou récit (Bruner, 1991) comme passage obligé et « *moyen de penser* » partagé par les élèves de la classe. (Orange, 2003). On peut remarquer dans le cas considéré que les connecteurs utilisés sont : *après, et puis*.

prise de conscience
des raisons en jeu

La dernière intervention (83) que l'on peut comparer à la première (4), montre un changement dans la formulation avec un nouveau connecteur. L'utilisation de *alors* au lieu de *après* indique peut-être la mise en relation entre la transmission des signaux et le fait que le bras plie. On peut penser que Kévin est passé d'une simple mise en histoire dans son explication à une argumentation de preuve (Orange, 2003) et donc à un savoir raisonné. La proposition 83 articule en effet une contrainte empirique (« *le bras va plier, c'est pas la jambe* ») et l'idée de transmission (« *les signaux vont dans tout le corps* »). Toutefois, l'énoncé ne contient pas de formulation explicite de la nécessité ou d'une impossibilité (de la forme : il faut qu'il y ait quelque chose qui aille du cerveau au muscle, ou encore le muscle ne peut pas se contracter s'il n'y a pas d'ordre venant du cerveau). Malgré les objections, Kévin persiste dans son explication première : transmission dans tout le corps sans support, réaction du bras seul.

Nous allons revenir sur cet exemple plus loin : il pose en effet la question du registre explicatif utilisé implicitement que nous abordons dans le paragraphe 4.

**3.2. Deuxième exemple :
Position ou construction de problèmes ?**

Lors du débat autour de l'affiche IV (Priscilla, Hasnah, Romain) il est question de la distinction entre message et énergie. Cette production est du type III (annexe 2) : le cerveau commande les muscles en leur envoyant un liquide ; les nerfs sont des tuyaux. C'est le seul groupe qui aborde ce problème. Leur explication fait intervenir ce qu'ils appellent des « neurones » ou « boules » qui se déplacent du cerveau au muscle.

RE-RM	436 Romain :	<i>En fait le cerveau envoie il passe des messages par des sortes de neurones qui sont là et après les neurones ils vont dans le muscle et ça le fait se contracter.</i>	CE
RE-RM	438 Romain :	<i>Une fois que les neurones vont sur le muscle le muscle il se tend et une fois qu'il se détend en fait ça repart.</i>	CE

modèle explicatif
par transmission
d'un liquide

À la différence des groupes précédents qui n'ont retenu comme contrainte théorique que la commande par le cerveau, le groupe IV a aussi une autre contrainte théorique qui est le besoin d'énergie du muscle (les propositions relatives à cette contrainte sont dans le 3^e extrait : 517 à 531). L'explication qu'ils retiennent et les nécessités qu'ils construisent lors du débat tiennent compte de ces deux contraintes.

RE-RM	483 Romain :	<i>C'est des boules et puis dedans il y a des messages et puis ils vont dans le muscle et ça devient tout du liquide et après.</i>	
RMf	484 Alexis :	<i>Je ne comprends pas pourquoi les boules sont liquides.</i>	
RMc	485 Romain :	<i>Si elles seraient pas liquides elles pourraient pas rentrer dans le muscle ; c'est pour ça qu'on a fait du liquide.</i>	CM

Le changement d'état des « boules » est lié à l'idée que les messages doivent entrer dans le muscle (485) et pas ailleurs ; cela semble confirmé par les propositions suivantes :

RE-RM	491 Romain :	<i>Oui c'est pour ça que c'est en boules pour ne pas que ça aille partout et une fois qu'il est dans le muscle il n'est plus en boule.</i>	CE-CM
RE-RM	504 Romain :	<i>Sinon l'ordre il va servir à rien ; si le cerveau dit un ordre il faut bien que l'ordre il rentre dans le muscle, il faut bien qu'il aille quelque part pour que le muscle puisse le comprendre ; c'est pour ça qu'il rentre dans le muscle.</i>	CE-CM

un support commun
pour le transport
des messages
et de l'énergie

Ainsi, ils estiment nécessaire que quelque chose entre dans le muscle pour que la transmission de message (491, 504) au muscle puisse se réaliser et que la contraction permette le mouvement. Ce quelque chose, ce sont des « boules » qui deviennent liquides avant d'entrer dans le muscle. On est bien sur une nécessité de continuité des structures (CM) en relation avec celle de transmission (CM) caractéristiques toutes les deux de la problématique cartésienne. Elles sont aussi toutes les deux en relation avec la contrainte empirique établie dans le projet précédent, selon laquelle c'est le muscle qui en se contractant permet le mouvement.

D'autre part, il semble que ce ne soit pas seulement le message qui est transmis du cerveau au muscle par ces « boules » mais aussi de l'énergie ; et on découvre la complexité du modèle dans les échanges suivants en étudiant les propositions de Romain.

RMf	517 Sandie :	<i>Oui mais pourquoi plusieurs boules ?</i>	
RMc	519 Amélie :	<i>Il pourrait y en avoir que quatre ; là on pourrait croire qu'il y a plusieurs ordres qui viennent.</i>	CM
RE-RM	520 Romain :	<i>Il y en a plusieurs pour qu'ils prennent assez de force pour faire contracter le muscle.</i>	CE-CM
RMf	521 Amélie :	<i>C'est de la force alors en fait ?</i>	
RE-RM	522 Romain : 524 Romain :	<i>C'est une énergie. Pour que les muscles se contractent.</i>	CE-CM

RMf	528 Emmanuel :	<i>En fait c'est des boules qui a de l'énergie à l'intérieur, qui ont de l'énergie à l'intérieur et qui rentrent dans le muscle et qui.</i>	
RE-RM	530 Romain :	<i>En fait c'est le message qui passe qui prend en même temps de l'énergie pour pouvoir faire contracter le muscle.</i>	CE-CM
RMc	531 Amélie :	<i>Donc il peut contenir deux choses à la fois ? ce qui fait l'énergie c'est le muscle.</i>	
RE-RM	533. M (14) : 534 Romain :	<i>L'énergie nécessaire à la contraction du muscle vient du cerveau ; est ce que c'est ce que tu penses ? Ben oui.</i>	CE-CM

énergie
et messages
proviennent
du cerveau

D'abord Sandie et Amélie (517-519) contestent le fait de représenter plusieurs « boules » car pour elles une « boule » est un ordre. Cela amène le groupe à préciser le rôle exact de ces « boules » qui sont plutôt des réserves d'énergie (522). Ce qui émerge dans ces diverses interventions, c'est la nécessité d'une source d'énergie mise en relation avec la contrainte empirique que le mouvement ne peut se faire que si le muscle se contracte. La mise en tension n'est explicitement réalisée que dans la proposition 520 émise par Romain. Elle est reprise en 533 mais par le maître de la classe. La source d'énergie pour ce groupe est le cerveau ; cette idée est contestée par Amélie qui comprend le muscle comme producteur d'énergie (531) ; mais elle ne développe pas vraiment d'argumentation pour appuyer ses dires. L'existence d'un moteur central correspond bien à un registre explicatif mécaniste (cf. document 4).

On observe que cet espace de contraintes contient deux éléments non reliés au reste :

L'un pourrait constituer une contrainte empirique (les deux muscles ne se contractent pas en même temps).

L'autre une nécessité sur les modèles (nécessité de coordination).

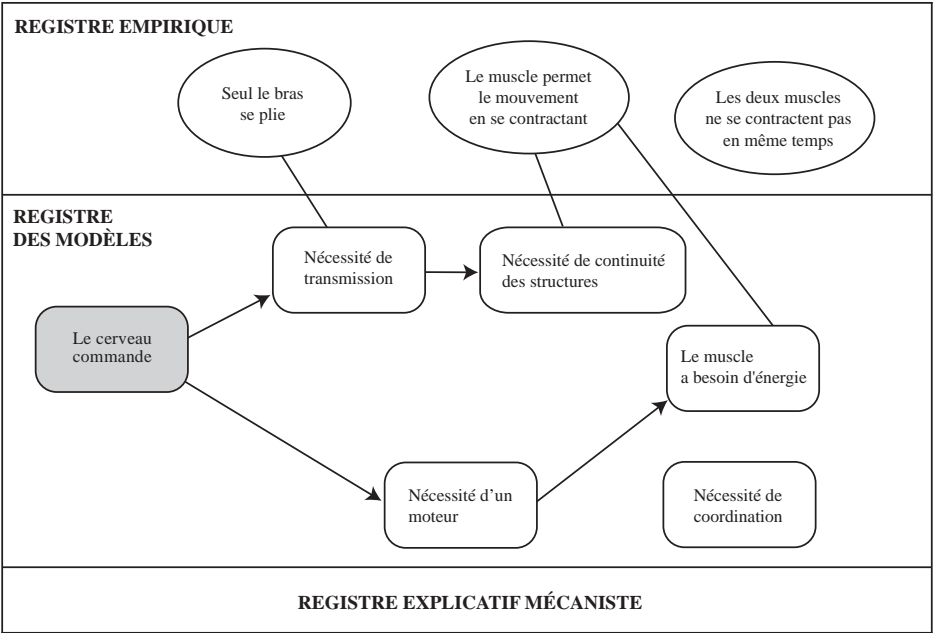
différences
entre perception
et construction
du problème :

quelques éléments

Elles sont présentes dans l'espace global que nous avons décrit dans le paragraphe 2, donc repérées et construites à d'autres moments du débat. Mais dans l'épisode concerné, il en a été question alors qu'aucune mise en tension n'a vraiment été effectuée. Pourtant, les échanges effectués à ce sujet nous intéressent car ils vont être l'occasion de caractériser des distinctions qui nous paraissent importantes à faire lorsqu'on cherche à mesurer l'implication des élèves dans le processus de problématisation : différences entre position et construction de problèmes. Nous avons abordé cette distinction dans le premier paragraphe d'un point de vue théorique, voyons comment nous pouvons le repérer dans les propositions d'élèves.

(14) M désigne l'enseignant de la classe.

Document 4. Espace de contraintes en jeu lors du débat
autour de la production du groupe IV



Le débat autour de cette production est l'occasion de soulever le problème de la liaison nerveuse entre cerveau et muscle(s) : y a-t-il un ou deux nerfs ?

- 437 Romain : En fait le cerveau envoie, il passe des messages par des sortes de neurones qui sont là et après les neurones ils vont dans le muscle et ça le fait se contracter.
- 446 Kévin (GI) : Les informations ils vont qu'à un seul muscle ?
- 448 Romain : Ben oui parce qu'il envoyait les messages qu'à un seul muscle...

problème
perçu et formulé

Romain explique la commande nerveuse de la flexion par une transmission de messages envoyés par le cerveau. Il prend appui sur des faits établis précédemment (« le muscle se contracte et ça fait plier le bras ») et un présupposé théorique (« le cerveau commande ») pour envisager un modèle possible de transmission entre le cerveau et le muscle (les neurones supports des messages sont dans un nerf. Ils pénètrent dans le muscle et ainsi le font se contracter) : c'est un modèle explicatif soumis à la critique des autres élèves de la classe.

Suite à l'intervention de Romain, la question de Kévin indique que pour lui quelque chose fait problème.

Le problème perçu par Kevin est exprimé dans sa question qui contient une partie de l'explication de Romain (« ils vont qu'à un seul muscle ») et implicitement une objection (pourtant ça

devrait aller aux deux muscles) ou encore (il y a deux muscles dans le bras).

Le problème émerge du fait que le modèle proposé par Romain ne tient pas compte apparemment de ce qui pour Kévin est une contrainte empirique (le fonctionnement simultané des deux muscles). L'explication de Romain ne répond pas à la nécessité de coordination.

Romain lui n'a pas perçu ce problème. Ce n'est que par la suite, en relation avec les questions posées par l'enseignant et d'autres élèves que son argumentation évolue et que l'on peut dire qu'il y a pour lui une prise de conscience du problème car identifiable dans ses propos.

463 Amélie :	<i>Parce que si le triceps il n'a pas l'ordre de se décontracter, il ne va pas laisser le biceps [mouvement de l'avant bras qui se plie par rapport au bras].</i>
464 Romain :	<i>Là il donne l'ordre à celui là qu'il faut qu'il se plie et après il donne l'ordre à celui là de se déplier sinon...</i>
465 Amélie :	<i>Oui mais comment il lui donne l'ordre puisqu'il n'y a pas de nerf ?</i>
467 Romain :	<i>On a oublié de faire une précision sur le schéma.</i>
468 M :	<i>Et quelle serait cette précision ? Vous pensez qu'il manque quelque chose ?</i>
469 Romain :	<i>Oui de reproduire quelque chose.</i>
470 E :	<i>De faire autre chose ? Qu'est ce que vous rajouteriez alors ?</i>
471 Romain :	<i>De refaire un tuyau là et puis...</i>
473 Romain :	<i>Il irait de là à là [du cerveau au deuxième muscle].</i>

Après les critiques d'Amélie et Kévin, Romain rectifie son explication et propose de compléter son schéma avec un deuxième nerf. Mais à aucun moment il ne formule de propositions dans lesquelles on pourrait déceler qu'il a effectué une mise en tension entre registre empirique et registre des modèles en exprimant une nécessité de coordination en relation avec la contrainte de la contraction et du relâchement simultanés des deux muscles antagonistes (sauf en 464 de façon incomplète). En revanche, cette nécessité est exprimée par d'autres de façon plus ou moins nette soit lors du même épisode (Amélie ci-dessus 463 et 465) soit dans d'autres phases du débat (Emmanuel ci-dessous 631, 633 et 635).

631 Emmanuel :	<i>Parce que si jamais par exemple on va seulement au biceps, le biceps va contracter ça va faire plier le bras mais le triceps va rester contracté parce qu'il aura pas reçu l'ordre.</i>
633 Emmanuel :	<i>Qu'il faut qu'il se décontracte.</i>
635 Emmanuel :	<i>Sinon on ne peut pas avoir le mouvement.</i>

Ainsi les élèves dont nous avons suivi partiellement les interventions n'expriment pas le même « degré » de problématisation dans leurs propos :

Kévin a perçu et exprimé un problème. Romain a perçu le problème et a fourni la solution attendue par les autres élèves sans qu'on puisse savoir s'il l'a construit.

différents degrés
de problématisation

Amélie et Emmanuel ont non seulement perçu le problème mais on peut détecter dans leurs interventions des indicateurs de construction de problèmes : leurs propositions mettent en tension des contraintes empiriques (quand le biceps est contracté, le triceps est relâché) et nécessités sur les modèles (nécessité de deux ordres opposés arrivant aux deux muscles).

C'est bien parce qu'il s'engagent dans une argumentation que les élèves sont conduits à expliciter les raisons en jeu dans le problème scientifique discuté. Le débat scientifique dans la classe constitue un moment favorable pour cela. Mais il s'avère que tous ne parviennent pas au même degré de problématisation ; seul le suivi des interventions de chaque élève au cours d'un débat peut nous donner des indications sur son parcours cognitif.

problème perçu...

Les indicateurs de perception et de construction de problèmes que nous utilisons sont les suivants :

- La perception de problèmes se manifeste sous la forme de controverses plus ou moins explicites en ce qui concerne la position de problèmes : cas de Kévin (446), ou d'énigmes : cas d'Amélie (465).
- La construction de problèmes est décelable dans les propositions mettant en tension contraintes et nécessités : exemple d'Emmanuel (631, 633, 635) ou Amélie (463).

...et construit

Une remarque peut être faite à l'issue de cette première analyse fine :

La mesure de l'engagement des élèves dans la problématisation pourrait être plus complète en suivant chacun des élèves de façon très précise avec des outils des sciences du langage, ce que nous ne savons pas encore très bien faire.

4. REGISTRES EXPLICATIFS MOBILISÉS : QUELQUES HYPOTHÈSES

Nous avons considéré dans les analyses précédentes que le cadre dans lequel se situaient les élèves dans leur explication était mécaniste (de type cartésien). Le cas du groupe I (Kévin, Ayoub) mérite d'être discuté ainsi que celui du groupe V.

4.1. Cas de Kévin : explication mécaniste, animiste ou vitaliste ?

L'exemple de ce groupe a été étudié précédemment (paragraphe 3.1.) dans une autre perspective. Nous y revenons pour essayer de mieux en cerner le cadre explicatif. Le questionnement et les critiques auxquels il a été soumis n'ont pas permis d'expliciter davantage le modèle (le cerveau envoie des signaux dans le corps mais il n'y a pas de support matérialisé entre cerveau et muscle du bras).

Dans les deux cas, les objections de Camille et de Florian (26, 28, 30, 68, 77) sont acceptables dans le sens où Kévin n'a pas

fourni une explication satisfaisante au fait que seul le bras plie alors que pour lui les ordres vont dans tout le corps. Son modèle ne peut fonctionner que dans la mesure où les muscles du bras sont les seuls à reconnaître les signaux venant du cerveau, ce qui implique que ces derniers soient spécifiques : Kévin exprime peut-être cette idée quand il dit en parlant du cerveau : « *par exemple il se dit je vais plier le bras* » (83). Le signal est porteur d'une double signification, celle du lieu et du type d'action qu'il engendre.

L'explication mécaniste cartésienne fait appel à des déplacements de matières (esprits animaux), aux tractions des éléments nerveux pour rendre compte de la transmission entre cerveau et périphérie. Mais ceux-ci se font dans des supports particuliers que sont les nerfs, dont la structure décrite par Descartes permet ce type de transmission. Camille et Florian (des groupes IV et V) ont élaboré des modèles s'inscrivant bien dans ce REX.

quels registres
explicatifs
envisager ?

Au contraire la réponse de Kévin est différente et pose question quant au registre explicatif dans lequel il se situe :

S'agit-il d'une explication *animiste* dans laquelle le cerveau siège de l'âme par la seule pensée peut commander le mouvement du bras ?

S'agit-il d'une explication *mécaniste* dans laquelle n'a pas encore été construite la contrainte de la spécificité du mouvement, ni reconnue l'existence d'éléments nerveux dans tout le corps ? La transmission pourrait en ce cas se faire pour lui sous forme d'ondes (ce que suggère le schéma réalisé annexe I) issues du cerveau n'agissant que sur les muscles du bras mais passant bien par tout le corps. Il s'agirait dans ce cas d'un mécanisme physique. Ou bien, ce serait une communication humorale, se faisant donc par l'intermédiaire des liquides contenus dans tout le corps, mais ne provoquant la contraction que des seuls muscles du bras. On pourrait alors évoquer un mécanisme chimique.

Peut-on parler d'explication *vitaliste* dans la mesure où le mouvement du bras ne nécessite pas d'action matérielle mais seulement la présence du cerveau actif comme condition de déclenchement d'actions spécifiques dans le corps ?

le REX mécaniste...

Nous ne disposons pas d'éléments suffisants pour trancher. Cependant, les interventions ultérieures de Kévin dans le débat vont dans le sens de la deuxième interprétation (REX, mécaniste) : nous avons pu noter dans le paragraphe précédent que des objections de Kévin (par exemple en 446) portent sur la nécessité de liens nerveux entre cerveau et les deux muscles antagonistes du bras. Or, si nous nous référons à Kuhn pour définir ce que nous appelons le REX, animisme, vitalisme et mécanisme sont des cadres explicatifs incommensurables (Orange 1997, 2002), conduisant dans les débats à des « dialogues de sourds ». Si Kévin est en mesure de critiquer les modèles des autres groupes, on peut penser qu'il est capable d'entrer dans leur explication ; son objection est cependant limitée à une question qui n'exprime pas de raisons

...est le plus probable...

mais seulement le constat d'un manque du modèle (absence d'un nerf) au vu des contraintes (le fonctionnement coordonné des deux muscles antagonistes) qui restent implicites dans son intervention. L'adhésion de Kévin au point de vue mécaniste n'est donc pas certain si on s'en tient à ses seuls propos, mais possible si on prend en compte son implication dans le débat.

...bien que non explicite

La large part faite à l'interprétation de certains éléments d'explication ouvre des perspectives d'exploration des principes et fondements sous-jacents en relation avec le registre explicatif. Cela nécessite de procéder à des interprétations des propos d'élèves avec toutes les limites que cela implique.

4.2. Émergence d'un problème dans un nouveau registre explicatif.

Pour le groupe V (Emmanuel, Soufyen, Julie) : À nouveau la discussion porte sur la coordination du fonctionnement musculaire. La production de ce groupe (annexe 3) est du même type que dans le cas précédent mais le cerveau est relié à chaque muscle du bras par un nerf.

L'explication de la production de ce groupe pointe de façon nette l'importance des deux muscles dans le mouvement du bras. Le problème discuté est celui de la coordination du fonctionnement des muscles antagonistes :

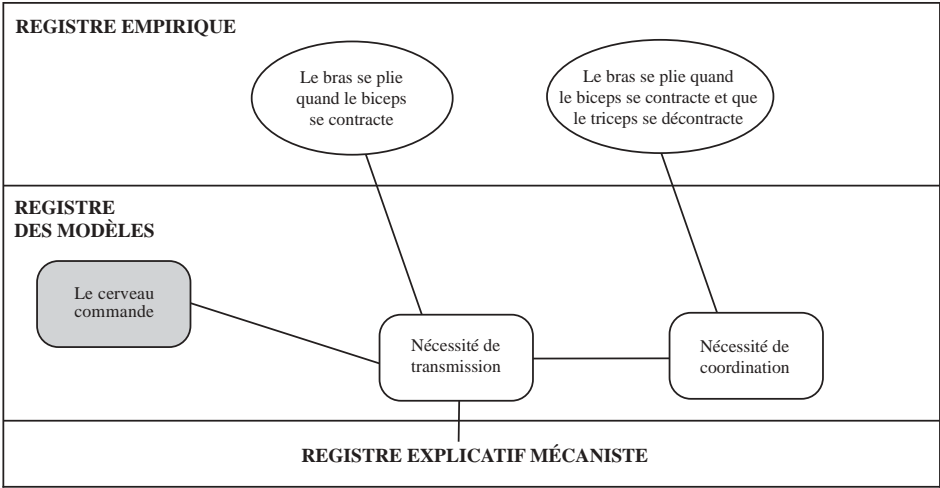
RE-RM	621 Emmanuel :	<i>Ben oui parce que en fait si jamais ça va qu'au biceps et que le biceps il se contracte pour plier le bras, le triceps il restera contracté parce qu'il n'aura pas eu l'ordre.</i>	CE-CM
RE-RM	630 Emmanuel :	<i>Parce que si jamais par exemple on va seulement au biceps, le biceps va contracter ça va faire plier le bras mais le triceps va rester contracté parce que il aura pas reçu l'ordre</i>	CE-CM
RE-RM	631. M : 632 Emmanuel : 633. M : 634 Emmanuel :	<i>Il aura pas reçu l'ordre de quoi ? Qu'il faut qu'il se décontracte. Qu'il faut qu'il se décontracte ; tu es sur le besoin qu'il faut que les deux reçoivent l'ordre pour que le mouvement puisse avoir lieu Sinon on ne peut pas avoir le mouvement.</i>	CE-CM

émergence de la nécessité de coordination

Les propositions 621 et 630 articulent une contrainte empirique, le biceps se contracte pour plier le bras avec la nécessité d'une transmission jusqu'au biceps ; mais en même temps émerge une impossibilité de mouvement (634) si le triceps ne reçoit pas l'ordre de se décontracter (633). Cette dernière proposition est formulée par la maîtresse.

On a bien là la nécessité de coordination du fonctionnement des muscles antagonistes en relation avec les contraintes empiriques travaillées dans le projet précédent de contraction du biceps et de décontraction du triceps pour que le bras puisse se plier. Ces deux contraintes ne sont pas cependant communes au groupe classe mais ont particulièrement marqué ce groupe (cf. document 5).

Document 5. Espace de contraintes en jeu lors du débat
autour de la production du groupe V



envois d’ordres
par le cerveau...

D’autres points ont été discutés lors du travail dans ce groupe mais ne donnent pas lieu à une véritable construction. Ils contiennent cependant l’émergence d’un problème étranger à la problématique mécaniste cartésienne : la permanence de fonctionnement du cerveau en relation avec le tonus musculaire envisagée par Emmanuel (évidemment dans des termes différents) entre en conflit avec la conception d’Amélie basée sur le « tout ou rien. »

Voyons en détail les argumentations développées par les deux protagonistes :

- | | |
|--------------|--|
| 637 Amélie : | <i>Il y a un autre problème aussi ; ils disent construit en permanence ; les neurones sont construits en permanence par le cerveau et sont envoyés quand on en a besoin, mais si ça se trouve il peut envoyer la mauvaise.</i> |
| 638 M : | <i>Mais qu’est ce que tu appelles la mauvaise ?</i> |
| 639 Amélie : | <i>Ben celle qui part pour faire plier le pied.</i> |
| 640 M : | <i>L’ordre qui ferait plier le pied serait envoyé par erreur.</i> |
| 641 Amélie : | <i>Ben oui il pourrait se tromper.</i> |
| 642 M : | <i>Toi qu’est ce qui te pose problème dans son explication ? C’est le fait que ce soit en permanence, c’est le mot permanence.</i> |
| 643 Amélie : | <i>À la fin il ne peut pas savoir lequel il doit envoyer, donc il peut envoyer celui pour le pied.</i> |

... en permanence...

Dans ce premier échange, Amélie conteste le modèle du groupe sur un point : la permanence de construction de messages par le cerveau. Elle justifie cette objection par le risque d’un envoi d’un message erroné. Pour mieux comprendre son raisonnement il est utile de rechercher quels peuvent être les principes sur lesquels elle s’appuie. À cet effet nous allons recourir à une interprétation des propositions

... ou seulement...

s'inspirant du schéma d'argumentation (Toulmin, 1993) : ce dernier relie données (D) et conclusion (C) de façon logique au vu d'une garantie (G), elle-même basée sur un fondement plus général (F). Garantie et fondements ne sont pas toujours explicites mais peuvent être déterminés par interprétation ce qui va nous permettre d'explorer les fondements implicites et ainsi d'accéder à une meilleure compréhension de la façon dont les élèves construisent des raisons. Signalons qu'on ne peut retrouver dans les propositions des élèves tout le raisonnement qui suit : en particulier les fondements ou principes d'explication sont le fruit de notre interprétation avec toutes les précautions et limites qui en découlent.

...en cas
de mouvement

Ainsi pour Amélie qui conteste les explications du groupe V sur la permanence d'envoi de messages par le cerveau : ils disent que le cerveau envoie en permanence des ordres, pour faire plier le bras ou lever la jambe (D), donc il peut en envoyer des mauvais (par exemple le message « *je veux lever la jambe* », quand je veux plier le bras) (C) (637), vu que le message « *je veux plier le bras* » doit partir quand je veux plier le bras et non quand je veux lever la jambe (G), en vertu du fait qu'il n'y a pas d'erreur dans le fonctionnement (F). En conséquence le cerveau n'envoie pas des ordres en permanence mais seulement quand il y en a besoin. Le risque d'erreurs est alors moins important.

On peut dire qu'Amélie s'appuie sur un fondement régional (Orange, 2003) de type constat empirique : le fonctionnement du corps se fait sans trop d'erreurs. (On ne bouge pas le pied quand on a besoin ou envie de plier le bras).

Voyons maintenant l'argumentation développée par Emmanuel :

644 Emmanuel :	<i>Oui mais si ce n'est pas fabriqué en permanence tu ne pourrais pas tenir sur tes jambes.</i>
645 Amélie :	<i>On tient sur les jambes parce qu'on a des os.</i>
646 Emmanuel :	<i>Non, c'est les muscles qui donnent cette force ; quand on est comme ça il y a de la force ! Sans muscles tu ne peux pas tenir sur tes jambes. Les os c'est juste comment je peux dire pour pas que ce soit mou pour que ça reste dur quoi.</i>
647 M :	<i>Tu veux dire qu'en permanence le cerveau il construit là les neurones et il en envoie en permanence et pas seulement quand on plie le bras</i>
648 Amélie :	<i>C'est écrit envoyer quand on en a besoin.</i>
650 Emmanuel :	<i>Par exemple quand tu parles la mâchoire elle est obligée de bouger et c'est grâce aux muscles ; si tu aurais que des os tu ne pourrais pas bouger.</i>
651 Amélie :	<i>Oui je sais.</i>
652 Emmanuel :	<i>Tu fais des mouvements en permanence.</i>
653 Amélie :	<i>Mais là je ne fais pas de mouvements !</i>
701 M :	<i>Est-ce qu'il les envoie quand on en a besoin ou est ce qu'il les envoie tout le temps, Emmanuel ?</i>
702 Emmanuel :	<i>Quand on en a besoin, on en a besoin tout le temps.</i>
703 M :	<i>Sauf que tu penses qu'on en a besoin tout le temps ?</i>
704 Emmanuel :	<i>Oui sinon...</i>
705 M :	<i>Là tu parles de ce qui se passe au niveau des jambes ; de l'ensemble aussi.</i>
706 Emmanuel :	<i>Sinon [mouvement d'affaissement].</i>

vers une explication
systémique...

Deux enchaînements interviennent :

- le premier porte sur les rôles respectifs des os et des muscles ; les muscles donnent la force (pour se tenir sur les jambes) (D) (646), donc sans muscles on ne peut pas se maintenir seulement avec les os (C), vu que ce sont les muscles qui permettent le mouvement et pas les os (G). Ce raisonnement s'appuie sur un fondement de type théorique du type « les os et les muscles n'ont pas la même fonction » (F).
- le second revient à la permanence du fonctionnement du cerveau (702) ; sans les muscles le corps s'affaisse donc des messages sont envoyés en permanence, vu que les muscles pour fonctionner doivent recevoir des messages du cerveau. Là encore il est fait appel à un fondement théorique, présupposé retenu à l'issue du projet précédent et pris comme contrainte théorique : « les muscles sont commandés par le cerveau ».

Amélie s'appuie à nouveau sur le constat empirique de la contraction musculaire liée à un mouvement particulier (653), celui qui a été étudié dans la séquence.

...de la posture
et du tonus
musculaire

Pour Emmanuel, l'idée sous jacente est que même s'il n'y a pas de mouvement, les muscles sont dans un certain état de contraction : il a construit le concept de tonus musculaire sans que le terme lui soit connu. Sa réflexion ne semble donc pas cantonnée à la situation proposée mais s'est élargie au fonctionnement de l'ensemble du corps.

De plus, il s'appuie sur des fondements théoriques tout à fait acceptables issus des références communes établies par la classe en particulier lors de la séquence précédente (centrée sur le mouvement du bras) mais aussi comportant une idée nouvelle, celle de fonctionnement permanent relevant plus d'un registre explicatif systémique que mécaniste cartésien. L'explication mécaniste (cartésienne) envisage d'un côté un message sensoriel déclencheur du départ d'un message moteur du cerveau vers les muscles concernés. En revanche les modèles actuels (physico-chimique mais contenant des apports de la cybernétique) (Beorchia, 2003) considèrent que l'ensemble des éléments nerveux est en activité permanente, ce qui rend nécessaire les processus d'intégration (ou de traitement) dans les centres nerveux.

5. CONCLUSION

L'espace de contraintes schématisé à partir de l'analyse épistémologique de ce débat permet de se faire une idée de ce que des élèves de CM2 peuvent construire comme raisons à partir de la question de la commande nerveuse du mouvement du bras, dans un registre explicatif très voisin de la mécanique cartésienne et donc assez éloigné des problématiques actuelles de la communication nerveuse.

comprendre
ce qui se joue
dans les débats...

Les schématisations des espaces de contraintes sont essentielles comme outils d'analyse globale de la construction de problèmes mais ne suffisent pas pour mesurer le degré de problématisation des élèves. Dans cet article nous avons essayé d'avancer sur deux aspects :

La distinction entre problème perçu et problème construit donne des indications sur l'engagement des élèves dans le processus :

- expression d'énigmes ou de controverses pour les problèmes perçus,
- mises en tension entre contraintes empiriques et nécessités pour les problèmes construits.

La recherche des principes et fondements des explications constitue une piste d'investigation utile à la compréhension du processus d'accès aux raisons. Deux points ressortent de l'analyse.

...pour envisager
d'autres
questionnements

Le registre explicatif mobilisé principalement par les élèves de cet âge semble être mécaniste simple c'est-à-dire s'appuyant sur une transmission nerveuse de type mouvement de matière du cerveau jusqu'au muscle, la contraction n'étant liée qu'à un seul ordre. La plupart des groupes de cette classe (sauf peut-être le groupe I) ont débattu dans ce cadre explicatif.

Nous avons pu constater l'émergence d'une problématique systémique, dans laquelle l'idée de permanence d'activité nerveuse est présente. Elle est restée cependant à l'état d'ébauche (un seul groupe concerné) et n'a pas été explorée dans les séances qui ont suivi. Un questionnaire de départ plus centré sur la posture du corps que sur un mouvement particulier semble être une piste possible à envisager.

Françoise BEORCHIA,
IUFM Basse Normandie Centre de Saint Lô
CERSE, université de Caen
CREN, université de Nantes
francoise.beorchia@caen.iufm.fr

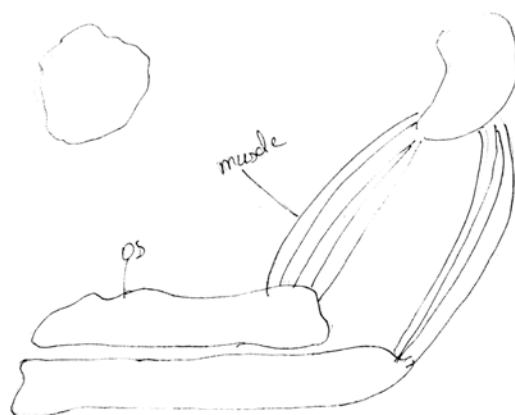
BIBLIOGRAPHIE

- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BACHELARD, G. (1947). *Le rationalisme appliqué*. Paris : Presses universitaires de France.
- BAKHTINE, M. (1984). *Esthétique de la création verbale*. Paris : Gallimard.
- BEORCHIA, F. (2003). *La communication nerveuse : conceptions des apprenants et problématisation. Importance des explications mécanistes et vitalistes*. Université de Nantes.
- BRUNER, J. (1991). *...car la culture donne forme à l'esprit*. Paris : Eshel.
- CANGUILHEM, G. (1955). *La formation du concept de réflexe aux XVII^e et XVIII^e siècles*. Paris : Presses universitaires de France.
- CANGUILHEM, G. (1988). *Idéologie et rationalité dans l'histoire des Sciences de la vie*. Paris : Vrin.
- CANGUILHEM, G. (1965). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.
- FABRE, M. (1999). *Situations-problèmes et savoirs scolaires*. Paris : Presses universitaires de France.
- FABRE, M. ORANGE, C. (1997). Construction de problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, 24, 37-57.
- GRIZE, J.-B. (1982). *De la logique à l'argumentation*. Genève : Droz.
- KUHN, T.-S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Champs Flammarion.
- LAUDAN, L. (1977). *La dynamique de la science*. Bruxelles : Mardaga.
- ORANGE, C. (2000). Mémoire de recherche HDR Idées et raisons. Université de Nantes.
- ORANGE, C. FOURNEAU & J.-C. BOURBIGOT, J.-P. (2001). Écrits de travail, débats scientifique et problématisation à l'école élémentaire. *Aster*, 33, 11-133.
- ORANGE, C. (2003). Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *Aster*, 37, 83-107.
- POPPER, K. (1991). *La connaissance objective*. Paris : Flammarion.
- POPPER, K. (1985). *Conjecture et réfutations*. Paris : Payot.
- TOULMIN, S. (1973). *L'explication scientifique*. Paris : Armand Colin.
- TOULMIN, S. (1993). *Les usages de l'argumentation*. Paris : Presses universitaires de France.

ANNEXE 1. PRODUCTION DU GROUPE I (AYOUB, KÉVIN)

Le cerveau reçoit des informations.
 Ensuite, il envoie des signaux qui ordonnent
 aux muscles de se contracter.
 Les informations viennent de
 nous.
 ex : je veux plier le bras.
 Cette information va donner ordre
 au cerveau. Le cerveau

envoie l'information au bras et le bras se plie

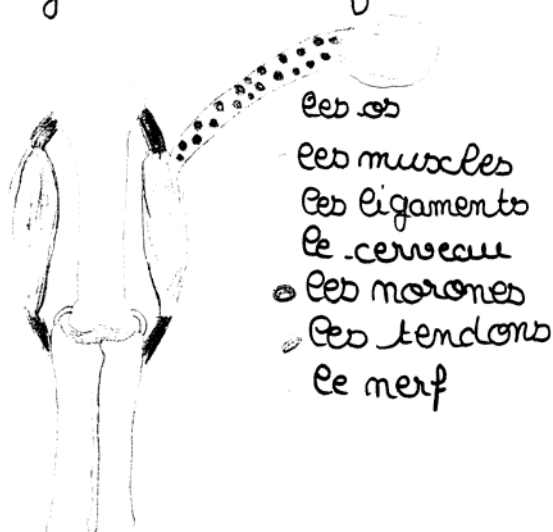


ANNEXE 2. PRODUCTION DU GROUPE IV (PRISCILLA, HASNAH, ROMAIN)

Le cerveau est relié au muscle par un tuyau (le nerf), qui lui transmet des sortes de messages.

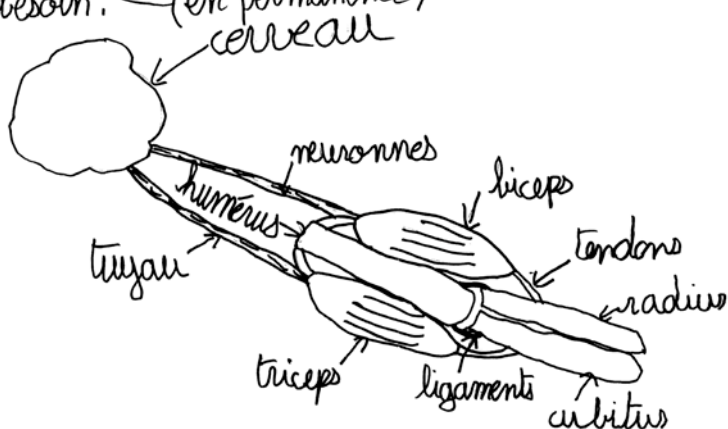
Dans le tuyau il y a des neurones (sorte de boule). Dès que le message arrive dans le muscle, il se contracte. Les neurones se rejoignent au muscle.

Entre le cerveau et les muscles il y a du sang, des veines, des vaisseaux sanguins et le nerf.



ANNEXE 3. PRODUCTION DU GROUPE V (EMMANUEL, SOUFYEN, JULIE)

Le cerveau est relié au muscle par une sorte de tuyau. Par le tuyau, des neurones construits par le cerveau sont envoyés quand on en a besoin. (en permanence)



ARGUMENTATION SUR LES POSSIBLES ET CONSTRUCTION DU PROBLÈME DANS LE DÉBAT SCIENTIFIQUE EN CLASSE DE 3^e SUR LE THÈME DE LA NUTRITION

Yann Lhoste

Le débat scientifique en classe sur le thème de la nutrition peut permettre d'engager les élèves dans un processus de construction d'un savoir scientifique par problématisation.

Cette construction des problèmes repose sur l'activité langagière des élèves et de l'enseignant en situation. À partir de la transcription d'un débat avec une classe d'élèves âgés de 14-15 ans, nous avons croisé les approches épistémologiques et langagières. Cette double analyse nous a permis de procéder à des distinctions entre les différentes raisons construites lors du débat, ce qui donne des indications nouvelles par rapport au processus de conceptualisation et ouvre des perspectives pour une meilleure compréhension de la manière dont les élèves construisent les problèmes dans les sciences de la vie et de la Terre.

Le débat scientifique en classe est un dispositif pédagogique mis en œuvre régulièrement dans les classes par les enseignants qui souhaitent engager les élèves dans une perspective de rupture. C'est la première fonction du débat décrite dans les travaux de didactique des sciences. Le débat permet un travail des obstacles à l'apprentissage grâce aux mécanismes psychologiques qu'il met en œuvre, notamment à travers le conflit socio-cognitif (Astolfi & Peterfalvi, 1997).

La fonction didactique que nous faisons jouer au débat scientifique en classe est différente et complémentaire. En effet, nous nous inscrivons dans la tradition rationaliste (Bachelard, 1949 ; Popper, 1979) selon laquelle l'activité scientifique consiste avant tout à construire des explications (Toulmin, 1961 ; Jacob, 1981) et à les soumettre à la critique (Popper, 1979). En classe, ce sont bien les processus permettant la construction des savoirs scientifiques que l'on doit pouvoir faire vivre aux élèves si l'on veut qu'ils apprennent des sciences. Comme l'ont montré les travaux de Orange (2000, 2002, 2003, 2004) et de son équipe, le débat scientifique en classe permet de questionner les différentes explications produites par les élèves, ce qui leur permet de s'engager dans un processus de construction de problèmes (ou problématisation).

Pour comprendre ce qui se joue du côté de la construction des problèmes lors du débat, il convient de prendre au sérieux ce que disent les élèves, car c'est à partir de cela que nous pourrions inférer et comprendre ce qu'ils pensent et ce qu'ils apprennent (Foucault, 1966, 1969 ; Vygotski, 1937).

Cette contribution s'inscrit à la suite de l'analyse d'un débat à l'école primaire proposée par Orange (2003) et permettra,

le débat
scientifique :

moyen
de construire
des savoirs
scientifiques

après avoir présenté le cas étudié, de comparer les raisons construites sur le thème de la nutrition par des élèves d'âge différents (9-11 ans *versus* 14-15 ans). À cette analyse épistémique fera suite une analyse des argumentations sur les possibles construites par les élèves lors d'étapes précises du débat scientifique. En conclusion, nous commencerons à faire apparaître les informations que peuvent nous apporter cette analyse croisée sur la construction de savoirs problématisés par les élèves.

1. CORPUS DE DONNÉES

1.1. Place didactique du débat scientifique dans la classe de 3^e

Le débat dont nous étudierons certains extraits a eu lieu dans une de nos classes de 3^e (14-15 ans) dans le cadre de la partie du programme de *sciences de la vie et de la Terre* de la classe de 3^e consacrée au « *Fonctionnement de l'organisme, activité des cellules et échanges avec le milieu* ». Il s'agit de faire construire aux élèves un modèle intégré des processus de nutrition faisant intervenir les apports en nutriments et en dioxygène pour expliquer le métabolisme de la cellule (apport de matière et d'énergie). Le travail réalisé avec les élèves s'inscrit dans un premier chapitre consacré à la digestion et l'absorption intestinale.

• Phase 1 : évaluation-diagnostic

produire
des explications

Après avoir précisé que la classe allait produire une affiche expliquant les mécanismes de la nutrition, l'enseignant demande aux élèves de réaliser individuellement un schéma et un texte expliquant comment un organe comme le muscle est approvisionné en énergie et en matière.

• Phase 2 : production des affiches qui seront le support du débat de classe

En s'appuyant sur l'analyse de ces productions en fonction des idées qu'elles contiennent (idées de distribution, de tri, de transformation), l'enseignant constitue des groupes de trois ou quatre élèves ayant des conceptions proches. Chaque groupe produit une affiche répondant à la même question que celle posée lors de l'évaluation-diagnostic.

• Phase 3 : débat scientifique dans la classe

les présenter
à la classe...

Ces affiches sont le support du débat de classe qui se déroule à la troisième séance. L'affiche d'un groupe est présentée à la classe. Les autres élèves peuvent poser des questions. Lorsque les élèves semblent avoir compris l'explication, un autre groupe présente une seconde affiche disposée à côté de la première. Lorsque deux affiches ont été présentées et questionnées, on

les comparer...

procède à une comparaison de ces deux affiches. L'enseignant note au tableau les points communs et les différences entre les deux solutions possibles. Une fois la comparaison achevée, une troisième affiche vient recouvrir la première et ainsi de suite.

Cette séance a été filmée. La transcription complète des différentes interventions constitue notre corpus de données.

• Phase 4 : mise à l'épreuve des hypothèses des élèves

...et les soumettre à la critique

Différentes séances permettent ensuite aux élèves de mettre à l'épreuve les explications produites lors du débat de classe. Une synthèse écrite et un schéma-bilan sont construits par les élèves.

• Phase 5 : évaluation sommation

L'enseignant propose des modèles de la nutrition qui ne respectent pas certaines nécessités construites lors du débat et travaillées lors de la phase 4. Les élèves indiquent si le modèle est recevable et expliquent leur réponse.

1.2. Le débat scientifique dans la classe et la construction des problèmes

problématiser...

Lors du débat scientifique dans la classe, chaque groupe présente à la classe ce qu'elle ce qu'il considère comme une solution possible à la question posée par l'enseignant. Cette première phase du débat de classe permet d'obtenir des informations sur les représentations des élèves, représentations à propos du savoir en jeu et sur l'activité dans laquelle ils sont engagés.

...c'est passer des idées aux raisons...

La suite des échanges (comparaison des affiches) permet, comme l'a montré Orange (2000), de passer des idées, qui reposent sur des connaissances de la vie quotidienne, aux raisons qui caractérisent le savoir scientifique.

Présentons les raisons qui sont construites lors du débat scientifique dans la classe.

2. RAISONS CONSTRUITES LORS DU DÉBAT SCIENTIFIQUE DANS LA CLASSE

C'est à partir d'une analyse des productions langagières des élèves sur le plan épistémique que nous avons procédé à l'identification des raisons en jeu dans le débat scientifique de 3^e (élèves âgés de 14-15 ans).

Pour comprendre la façon dont s'effectue le passage des idées aux raisons, nous nous référons aux travaux de Martinand *et al.* (1992, 1994) sur la modélisation. En effet, explication et modélisation ont un lien étroit en science. « *L'idée première est de distinguer le modèle de son référent, ou plutôt le registre de*

...en articulant... l'élaboration modélisante du registre du référent empirique » (Martinand, 1992, p. 15). La construction du problème consiste alors à « *mettre en tension critique le savoir* », c'est-à-dire à articuler « *explicitement des contraintes empiriques relevées comme pertinentes, avec des conditions de possibilité des modèles explicatifs* » (Orange, 2000, p. 27).

...le registre empirique... Cela nous conduit à distinguer, parmi les interventions des élèves, celles qui appartiennent au registre empirique (Léa en 240 : « *Bah que y a forcément quelque chose de rejeté* ») de celles qui appartiennent au registre du modèle (Florian en 185 : « *Sinon, ça pourrait pas passer dans le sang* » répondant à une question de l'enseignant qui demandait pourquoi il faut que les nutriments soient mis en tout petit) et des propositions qui articulent registre empirique et registre du modèle (Maxime en 228 : « *Les sucs gastriques, ils digèrent tout, parce que ben, y a, le corps a besoin de beaucoup de choses et il faut qu'il puise dans tout ce que l'on mange* »).

À partir de cette première classification des propositions des élèves, nous avons fait apparaître d'une part, des contraintes empiriques et théoriques ayant un caractère contingent et qui relèvent de ce fait de la modalité de l'assertorique et, d'autre part, des contraintes sur le modèle ayant un caractère de nécessité et qui relèvent de la modalité de l'apodictique. Dans la suite du texte, nous désignerons ce dernier type de contraintes par *nécessités*. Nous pensons que la mise en tension entre les éléments du registre empirique (identification des contraintes) et les éléments du registre du modèle (contraintes théorique et nécessités sur les modèles) provoque une « *ré-organisation du savoir* » (Bachelard, 1949/1998 p. 65) et constitue le sujet en rationalité en lui permettant d'accéder à « *des principes de nécessité* » (Bachelard, 1949/1998 p. 11). Ce travail permet à l'élève de passer d'une connaissance commune à un savoir scientifique dans la mesure où ce savoir acquiert une valeur d'apodicticité.

L'analyse en détail de ce débat, selon la méthodologie décrite par Orange (2000), nous a permis de dégager les contraintes et les nécessités suivantes.

2.1. Contraintes empiriques

Six contraintes empiriques ont été identifiées par les élèves au cours de ce débat (1).

- **Les aliments entrent par la bouche** (1, 17-18, 34, 100, 187, 200₁, 282).
- **Il y a des sorties, ce qui est rejeté** (1, 100, 193₂, 200₂, 240, 282, 236₆, 327, 334, 329-330₁).

(1) Les numéros indiqués entre parenthèses correspondent aux numéros des interventions du débat. Certaines interventions plus longues ont été subdivisées : les indices suivant le numéro d'une intervention correspondent à la place de ce fragment dans l'ensemble de l'intervention.

mettre en tension
des contraintes
empiriques...

- **Il y a une entrée d'air dans les poumons** (3, 10, 332).
- **Il y a une sortie d'air des poumons** (10)
- **Les aliments sont solides** (98, 184-185, 187, 191₁, 200₁, 210, 236, 237-238, 255, 282, 301)
- **Le sang est un liquide homogène** (ne contenant pas de parties solides) (98, 184-185, 210, 255, 257, 301).

2.2. Contraintes théoriques et nécessités sur le modèle

Parmi les propositions référées au registre du modèle, nous avons distingué trois contraintes théoriques partagées par la plupart des élèves de la classe et qui ne seront jamais soumises à discussion (elles sont « hors-question ») et neuf nécessités qui sont construites lors du débat.

• Contraintes théoriques

Les trois contraintes théoriques figurent à l'intérieur de cadres dans l'espace de contraintes présenté sur le document 1.

...des contraintes
théoriques...

- **Les muscles utilisent les nutriments comme source de matière et d'énergie** (1, 34, 193₃, 282).
- **Les muscles ont besoin de dioxygène pour produire de l'énergie et de la matière** (3, 10, 332).
- **Le sang transporte les nutriments dans l'organisme** (1, 17-18, 20, 34, 98, 130, 135, 184-185, 193₃, 255, 257, 282, 320, 326₆).

• Différentes constructions des nécessités sur le modèle

- **La nécessité d'un tri des aliments** est construite de la façon suivante : comme, parmi ce que l'on mange, certaines parties sont utilisées par les organes et d'autres sont rejetées, il faut bien qu'il y ait un tri parmi ce qui est mangé (30-31, 43, 100, 193₂, 200₂, 282, 327, 329-330₁).
- **La nécessité d'un tri au niveau de l'air** est construite sur le même modèle (intervention 10).
- **La nécessité d'une transformation** est établie par mise en tension entre différentes contraintes. Les aliments que nous mangeons sont solides. Or c'est le sang qui transporte ce dont les muscles ont besoin. Comme le sang est un liquide homogène, les aliments doivent subir une transformation pour pouvoir passer dans le sang (98, 184-185, 236, 237-238, 255, 257, 301).
- **La nécessité d'une distribution** apparaît rapidement dans le débat sous la forme d'une critique d'un modèle (12, 13). Maxime comprend comment, à partir des aliments, « ce qui est bon » passe dans le sang mais, puisque ce sont les muscles qui ont besoin de « ce qui est bon », il se demande comment cela « va jusqu'au muscle ». Nous avons choisi de distinguer cette contrainte de la contrainte théorique « le sang transporte les nutriments » car il nous semble que, dans cette intervention, Maxime interroge le groupe non pas sur l'intervention du sang dans le transport des nutriments

mais plutôt sur le « système de tuyauterie » qui permet de conduire le sang jusqu'au muscle (12, 13).

- **La nécessité d'une absorption des nutriments dans le sang** est mise en avant lors de la mise en tension de la nécessité du tri et de la contrainte théorique : « *le sang transporte les nutriments* ». Il faut donc que les nutriments passent dans le sang (20, 200₃, 320, 345-346, 356).
- **La nécessité de ne pas mélanger « ce qui est bon » et « ce qui sera rejeté »** s'appuie sur l'idée que tout ne peut pas être utilisé par les muscles (30-31, 52-53), au risque de rendre l'organisme malade (54-55).
- **La nécessité que la distribution soit effectuée par un circuit** clos est établie lors d'un épisode argumentatif qui conduit à mettre en évidence *l'impossibilité d'une distribution par des tuyaux* puisque cela provoquerait l'éclatement du muscle par afflux de sang (118, 120, 121-122, 124, 125-126-127, 130, 135, 137, 143-144-145, 153, 201, 203, 206, 276, 305).
- **La nécessité d'une pompe qui met le sang en mouvement dans un seul sens** correspond à l'idée que, pour que des fluides circulent, il faut qu'il y ait un dispositif qui assure la mise en mouvement de ces fluides (166, 169, 172).
- **La nécessité d'un critère pour le tri** donne lieu à plusieurs propositions : le critère bon/mauvais et le critère de la taille. Ce second critère apparaît dans le débat lorsque l'on discute de la transformation qui permet de broyer les aliments, de les rendre plus petits (193₃, 200₂, 210, 215, 219, 220, 222, 224).

...et des nécessités
sur le modèle...

2.3. Cadres explicatifs

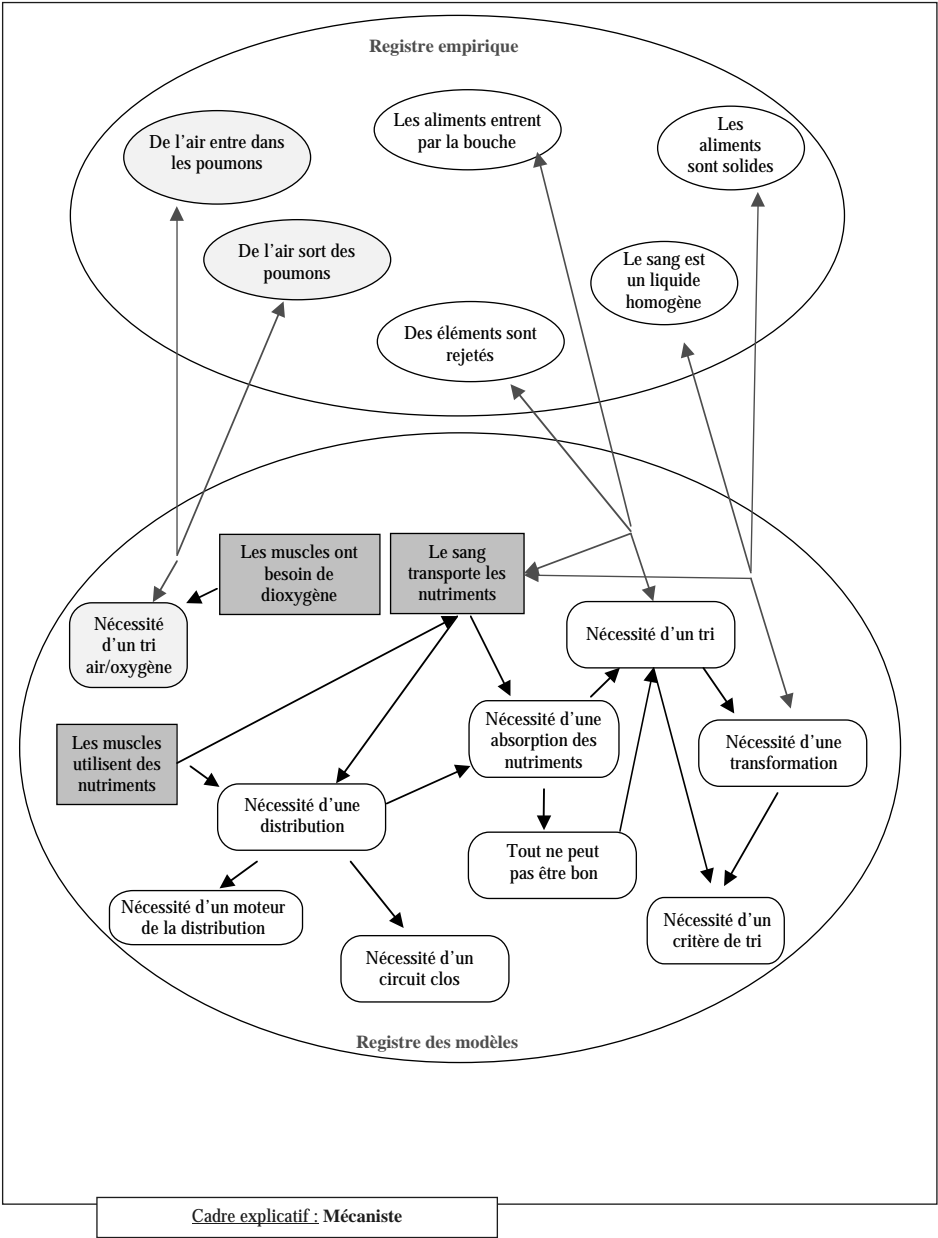
Les éléments du registre du modèle proposés par les élèves permettent d'inférer les systèmes de pensée des élèves (ce que Foucault, 1966/1990 p. 13- nomme *épistémè*) qui leur ont permis d'élaborer ce type de modèle. Lors des débats scientifiques, il arrive que la plupart des élèves de la classe partagent le même système de pensée. Dans la mesure où la communauté constituée par la classe partage un même système de pensée, celui-ci peut accéder au statut de *matrice disciplinaire* tel qu'il est défini par T. Kuhn (1962/1993 p. 248). À partir d'une interprétation de ce que dit un élève ou de ce sur quoi la classe semble se mettre d'accord, l'enseignant ou le chercheur peut inférer l'*épistémè* d'un élève ou la *matrice disciplinaire* de la classe. Cette possibilité d'une « *archéologie du savoir* » (Foucault, 1969) individuelle ou interindividuelle permet d'inférer le cadre explicatif dans lequel se développe le débat scientifique dans la classe. Dans le cas présenté le cadre explicatif est celui du mécanisme.

...dans un cadre
explicatif
mécaniste...

... pour construire
un espace
de contraintes

À partir de ces différentes contraintes empiriques, contraintes théoriques, nécessités sur les modèles et de la dynamique du débat de classe, nous avons construit l'espace de contraintes en jeu dans ce débat, présenté sur le document 1.

**Document 1. Espace de contraintes en jeu dans un débat
sur la nutrition en 3^e**



Les raisons construites par les élèves lors du débat scientifique sont épistémologiquement pertinentes puisqu'elles fondent le concept de nutrition, même si elles ne reposent pas toujours sur des fondements scientifiques (Orange, 2003, p. 102).

2.4. Comparaison avec un débat dans une classe d'élèves âgés de 9-10 ans

La comparaison avec les explications produites par des élèves de CM1-CM2 (Orange, 2003, p. 88) met en évidence deux différences principales.

- Les élèves âgés de 14-15 ans construisent un système intégré de la nutrition (Banet & Nunez, 1997) puisqu'ils font apparaître dans leur modèle les besoins des muscles en nutriments et en dioxygène. Les élèves de CM1-CM2 construisent un modèle non-intégré de la nutrition sans référence à la consommation de dioxygène. Cette différence peut s'expliquer en partie par les questions qui ont été posées aux élèves : Question pour les CM : « Comment ce que j'ai mangé peut-il me donner des forces ? »

Question pour les 3^e : « Expliquer comment un organe est approvisionné en énergie et en matière »

Alors que la question de départ en CM concerne essentiellement un apport de matière, la question en 3^e évoque le terme d'énergie en plus de celui de matière, en accord avec ce qui est attendu des élèves à ces niveaux de classe.

Les connaissances acquises antérieurement interviennent également : il semble que certains élèves de 3^e aient retenu de leur cours de 5^e que les muscles pour se contracter ont besoin de nutriments et de dioxygène puisqu'ils font référence à ces deux éléments dans le débat.

- Lors du débat en 3^e, de nouvelles nécessités apparaissent, comme celle d'une absorption, d'une distribution par circuit clos ou encore celle d'un critère pour le tri. Nous pensons que ces nécessités se construisent grâce à un cadre explicatif mécaniste qui paraît parfaitement établi en 3^e, permettant de mener à bien des déductions et des raisonnements, avec peu de références au registre empirique. Une différence notable concerne le rôle du sang dans le transport des nutriments qui, dans le débat de la classe de troisième, est « hors-question » et constitue un point d'appui permettant à la problématisation de se développer.

Cette première analyse correspond à une analyse macroscopique du débat qui décrit ce qui se passe au niveau épistémique. Elle nous donne peu de détails sur la façon dont les élèves, individuellement ou en interaction entre eux ou avec l'enseignant, construisent les raisons (et prennent en charge cette construction) dans la dynamique du débat. C'est pourquoi nous allons utiliser une autre approche, celle de la construction des schématisations telle qu'elle a été théorisée par Grize (1999, 1996) pour comprendre de façon plus fine comment les raisons se construisent dans l'interaction.

les élèves de 3^e
construisent
un système intégré
de la nutrition

les élèves de 3^e
(13-14ans)
construisent
d'autres raisons
que les élèves de
CM (9-10ans)

3. PRÉSENTATION DES AFFICHES LORS DU DÉBAT SCIENTIFIQUE ET SA FONCTION PAR RAPPORT À LA CONSTRUCTION DU PROBLÈME

la présentation
des affiches
renseigne sur...

Le débat scientifique en classe que nous avons analysé articule deux phases différentes : une phase pendant laquelle les élèves du groupe présentent l'affiche qu'ils ont produite lors de la séance 2 et l'explicitent ; une phase pendant laquelle l'enseignant permet aux élèves de comparer deux affiches présentées au tableau.

...la représentation
de l'activité
scientifique
des élèves...

La première phase du travail est importante car c'est un moment où l'élève en charge de la présentation occupe une position discursive haute au sein de la communauté discursive puisqu'il assure la progression thématique (Weisser, 2003) de l'énonciation. De plus, cet élève endosse une responsabilité importante par rapport à la prise en charge de l'énonciation. Cela nous amène à penser que l'élève qui présente le travail du groupe va mobiliser les stratégies qu'il considère comme les plus adaptées à la représentation qu'il se fait de la tâche.

...et le degré
de stabilisation
des nécessités

L'analyse des stratégies qu'il utilise devrait nous donner des informations à la fois sur la façon dont l'élève se représente l'activité qu'il est en train de mener et sur le processus de problématisation lui-même, puisque la présentation des affiches est contextualisée. Nous voulons dire par là que, lorsqu'un élève présente une affiche, toutes les discussions qui ont eu lieu avant la présentation influence sa présentation. Ainsi lorsqu'une nécessité est construite avant la présentation d'un groupe, il est significatif que l'élève qui assure la présentation prenne en compte ou non la nécessité dans son énoncé. C'est par là que nous pensons pouvoir établir des liens entre l'argumentation sur les possibles et le processus de problématisation.

importance
de l'argumentation
sur les possibles

Si l'on considère à la suite de Canguilhem (1965/2003, p. 58) que la genèse d'une solution possible est aussi importante que la démonstration du nécessaire, la théorisation que propose Grize (1990, 1996) par rapport à la construction des schématisations semble, d'une part, être compatible avec notre cadre épistémologique et, d'autre part, répondre à nos besoins de modélisation d'une argumentation sur les solutions possibles. Grize définit la schématisation comme « *une représentation discursive orientée vers un destinataire de ce que son auteur conçoit ou imagine d'une certaine réalité* », une façon « *de faire voir quelque chose à quelqu'un* » (Grize, 1996, p. 50), ainsi que « *son résultat virtuel qui consiste en un micro-univers pro-posé devant l'objecteur virtuel B.* » (Grize, 1982, p. 172). Pour qu'un énoncé proposé par un élève soit recevable, il est nécessairement négocié. C'est pourquoi l'analyse des stratégies utilisées par un élève pour construire cet énoncé peut nous apporter des informations par rapport à la problématisation.

concept
de schématisation
de Grize :
des outils d'analyse

Nous analyserons les schématisations en utilisant les catégories proposées par Fillon *et al.* (2004, p. 236-245) et éprouvées préalablement par Jaubert & Rebière (2000 et 2001). Ces catégories sont construites à partir des catégories de Grize (1996) et des opérations d'objet développées par Bronckart (1996). Nous les présenterons lorsque nous les utiliserons dans le paragraphe suivant.

4. CONSTRUCTION ET NÉGOCIATION DES SCHÉMATISATIONS DES SOLUTIONS POSSIBLES

4.1. Délimitation des phases de construction des schématisations

Puisque deux phases alternent lors du débat scientifique (présentation des affiches et comparaison), il convient de délimiter les phases de présentation des affiches qui correspondent à ce que nous considérons maintenant comme un travail de schématisation sur les solutions possibles.

délimiter les phases
de construction
des schématisations

Nous avons identifié le début de la schématisation où un élève présente le pré-modèle à partir de l'affiche à la classe et la fin de la schématisation, lorsque l'enseignant ou les élèves ont fini de questionner le modèle présenté et que l'enseignant propose de passer à la phase de comparaison entre les affiches.

En effet, nous avons considéré que, lorsque le questionnement du modèle se termine, cela signifie que la schématisation est achevée et qu'elle peut être une solution possible et recevable comme telle par la communauté discursive.

Ainsi pouvons-nous proposer le découpage suivant :

- groupe 1 : interventions de 1 à 18 (document 2),
- groupe 2 : interventions de 34 à 45 (document 3),
- groupe 3 : intervention de 100 à 108 (document 4),
- groupe 4 : interventions 187 à 193 (document 5),
- groupe 5 : interventions de 282 à 314 (document 6),
- groupe 6 : intervention 326.

...pour les analyser

Nous n'analyserons pas cette dernière intervention qui n'a pas donné lieu à négociation, d'une part, parce qu'elle est d'emblée très complète, et d'autre part, parce que, la séance touchant à sa fin, l'enseignant a choisi de mener le travail de comparaison aussitôt après cette présentation.

C'est ce corpus réduit que nous allons analyser (à l'exclusion de l'intervention 326).

4.2. Analyse de la construction des schématisations

L'analyse de la construction des schématisations des trois premiers groupes sera présentée dans les documents 2, 3 et 4. Nous comparerons la façon dont se sont construites ces trois schématisations pour comprendre les processus à l'œuvre dans cette phase du débat scientifique.

les schématisations
construites
par les élèves
gagnent
en précision...

On remarque que pour ces trois premières constructions, le passage du pré-modèle à la schématisation finale correspond aux deux améliorations suivantes.

La première est l'augmentation de la précision de la schématisation finale sur le plan épistémique par des opérations de référenciation (groupe 1 et 2) ou d'actualisation (groupe 3) au niveau langagier

Cela correspond aux successions :
groupe 1 : « **ce qui est bon** » (caractère) → « **ça** » → « **nutriments** » (nom commun) ;
groupe 2 : « **ils** » → « **les nutriments** » en 36 et 38 ;
groupe 3 : « *ily a un tri* » → « le tri a lieu **dans l'estomac** », en 102.

Document 2. Construction et négociation de la schématisation du groupe 1

11-Angélique :	Nous en fait, on pense que quand <u>on mange quelque chose</u> , ça va dans l'œsophage jusque dans l'estomac et puis que ensuite, ben le ... l'organisme il trie ce qui est bon et ce qui est pas bon. Ce qui est bon passe dans le sang, dans tous les organes quoi. Ce qui n'est pas bon continue dans les intestins pour ensuite être rejeté.	Pré-modèle
12-Maxime :	Bah, c'est pris par quoi en fait ? Je vois pas très bien, mais ils disent que l'organisme trie ce qui est bon et ce qui est pas bon, mais, ça va au muscle comment ?	Critique concernant « ce qui est bon passe dans tous les organes » : rien n'indique comment ça va du sang aux organes
13-Maxime :	Comment va ce que, l'organisme il choisit ce qui est bon mais comment ça va jusqu'au muscle en fait ?	
14-Angélique :	Par les vaisseaux sanguins, quand ça passe dans le sang.	Extension de l'objet du discours pour répondre à la critique émise ci-dessus et reprise-modification par parasynonymie : « <u>par les vaisseaux sanguins</u> , quand ça passe dans le sang »
15-Enseignant :	Alors, qu'est-ce qui passe dans le sang ?	
16-Angélique :	Eh..... eh... les nutriments .	Reprise-modification de « ce qui est bon » par référenciation : ce qui est bon = les nutriments
17-Enseignant :	donc les nutriments passent dans le sang et ils viennent d'où les nutriments ?	
18-Angélique :	<u>de ce que l'on a mangé...</u>	Reprise-modification de « <u>on mange quelque-chose</u> » par actualisation <u>de ce que l'on a mangé</u>
Schématisation finale telle que nous pouvons la reconstruire « À partir <u>de ce que l'on a mangé</u> , l'organisme trie ce qui est bon , les nutriments , de ce qui ne l'est pas. Les nutriments passent dans le sang et sont transportés jusqu'aux muscles <u>par les vaisseaux sanguins</u> . Ce qui n'est pas bon continue pour être rejeté. »		

Document 3. Construction et négociation de la schématisation du groupe 2

34-Clément :	Alors les nutriments, ils passent par l'œsophage, l'estomac et ils passent par le sang dans l'intestin et ils nourrissent les muscles.	Pré-modèle
35-Enseignant :	Quand vous dites « ils », vous parlez de quoi ?	
36-Clément :	Bah, des <u>nutriments</u> .	Reprise-modification des trois ils par référenciation : ils = des nutriments
37-Enseignant :	Sur votre affiche, vous avez mis aliment, en orange, c'est la même chose <i>aliment</i> et nutriment ?	
38-Clément :	Oui.	Reprise-modification de trois ils par glissement lexical : nutriments = aliments
39-Enseignant :	Alors, des questions complémentaires ?	
40-Benoît :	L'air, il va dans l'estomac aussi ?	
41-Clément :	Il passe par les poumons.	
42-Enseignant :	Ça n'apparaît pas là, c'est juste ce qui concerne les aliments.	
43-Léa :	Il n'y a pas de tri.	Critique : Il n'y a pas de tri
44-Enseignant :	Il n'y a pas de tri. Est-ce qu'il y a un, mais il n'y a pas de tri sur votre affiche. La question, c'est pour les trois membres du groupe, Kévin ? Est-ce qu'il y a un ou pas de tri, parce qu'avant il y a un tri entre ce qui est bon et ce qui est mauvais sur l'affiche d'avant, c'est ça Anthony, il y a un tri entre ce qui est bon et ce qui est mauvais et là il n'y a pas de tri, c'est ça ?	
45-Kévin :	Y a un <u>tri</u> au niveau des <u>intestins</u> .	Extension de l'objet du discours par ajout : <u>Y a un tri au niveau des intestins</u> (montre sur l'affiche) en 47
Schématisation finale telle que nous pouvons la reconstruire « <u>Les nutriments</u> passent par l'œsophage et l'estomac. <u>Les nutriments</u> sont triés au niveau de l'intestin et passent par le sang. <u>Les nutriments</u> peuvent nourrir le muscle. »		

Document 4. Construction et négociation de la schématisation du groupe 3

100-Florian :	Les aliments, ils passent dans l'œsophage et dans l'estomac (montre le trajet), <i>il y a un tri</i> , ce qui n'est pas bon, <i>va dans l'intestin grêle</i> et... et après est rejeté.	Pré-modèle
101-Enseignant :	Le tri, il a lieu où ? Essayez d'être précis.	
102-Florian :	<u>Dans l'estomac.</u>	Actualisation de « <i>il y a un tri</i> » : le tri a lieu « <u>dans l'estomac</u> »
103-Enseignant :	Il y a un tri dans l'estomac. Montrez nous, « ce qui est bon » où ça va ?	
104-Florian :	<u>Ça va dans le cœur.</u>	Extension de l'objet du discours : <u>ce qui est bon</u> , « <u>ça va dans le cœur</u> »
105-Enseignant :	D'accord et ce qui est mauvais ?	
106-Florian :	Bah, <u>dans l'intestin grêle.</u>	Référenciation par répétition de « ce qui n'est pas bon <u>va dans l'intestin grêle</u> » : ce qui n'est pas bon « <u>va dans l'intestin grêle</u> »
107-Enseignant :	Est-ce que ça va là ?	
108-Collectif :	Oui	
Schématisation finale telle que nous pouvons la reconstruire « Les aliments passent dans l'œsophage et dans l'estomac. Il y a un tri <u>dans l'estomac</u> . Ce qui n'est pas bon <u>va dans l'intestin grêle</u> et ensuite sera rejeté. <u>Ce qui est bon, ça va dans le cœur.</u> »		

Dans ces trois cas, ce sont des interventions de l'enseignant qui incitent les élèves à procéder à ces opérations.

...et sont mises en cohérence...

La seconde est une mise en cohérence de la schématisation avec soit le cadre explicatif dans lequel se déroule le débat (groupe 1 et 3) soit des nécessités préalablement établies dans le débat (groupe 2)

...avec le cadre explicatif et les nécessités préalablement construites dans le débat

Dans la présentation d'Angélique (groupe 1), il y a un « vide » dans le trajet présenté, entre le moment où les nutriments passent dans le sang et le moment où ils arrivent aux organes. La continuité spatio-temporelle est une donnée forte du cadre explicatif mécaniste qui n'est pas respectée ici, ce que ne manque pas de rappeler Maxime (« *mais, ça va au muscle comment ?* » en 12). Angélique complète donc le trajet (elle complète le « *vide* ») par l'extension de l'objet du discours en 14 : entre le tube digestif et les organes, il y a des tuyaux, les vaisseaux sanguins. Un autre élément caractéristique du mécanisme est l'impossibilité de la disparition de matière. Ainsi, lorsque Florian (groupe 3) présente le tri selon une logique binaire bon/mauvais et qu'il indique uniquement le devenir des « *mauvais aliments* », il doit aussi indiquer où vont les « *bons aliments* », ce qui sera fait en 104. Dans le groupe 2, c'est l'intervention de Léa en 43 qui contraint Kévin et Clément (en 45) à prendre en compte la nécessité du tri (établie en 30-31).

Dans le cas des groupes 1 et 2, ce sont des interventions d'élèves qui orientent la schématisation dans ce sens. Pour le

meilleure précision
et
mise en cohérence

groupe 3, c'est une intervention de l'enseignant qui permet d'obtenir une information sur le devenir des « *bons aliments* ».

La construction des deux dernières schématisations s'inscrit, elle aussi, dans ce double processus d'augmentation de précision et de mise en cohérence. À travers l'analyse de celles-ci, nous mettrons en évidence comment s'effectue la mise en cohérence des schématisations par rapport à des nécessités préalablement construites dans le débat.

Document 5. Construction et négociation de la schématisation du groupe 4

187-Maëva :	En fait, les aliments, on les avale par la bouche. <i>Ils sont mâchés.</i>	Pré-modèle
188-Enseignant :	Est-ce que tout le monde est d'accord avec ça ?	
189-Collectif :	Oui	
190-Enseignant :	Donc, les aliments rentrent par la bouche, ok. On s'est à peu près mis d'accord sur le fait que ça rentrait par la bouche.	
191-Maëva :	C'est mâché <u>par les dents</u> et ça va dans l'estomac, <u>là c'est trié.</u>	Actualisation de « <i>ils sont mâchés</i> » : « c'est mâché <u>par les dents</u> ... » Extension de l'objet du discours en ajout chronologique : « ...et ça va dans l'estomac, <u>là c'est trié.</u> »
192-Enseignant :	Alors dans l'estomac ?	
193-Maëva :	C'est broyé, ça rend les aliments liquides. Moi, je pense que ce qui est gros c'est... ce qui est gros <u>et</u> ce qui est mauvais c'est rejeté. Et puis ce qui est petit <u>et</u> ce qui est meilleur, en fait, ça passe par le cœur et ça se transforme en sang et ça va dans le muscle, ...et ça fait un cycle dans le muscle.	Extension de l'objet du discours en ajout chronologique : « C'est broyé, ça rend les aliments liquides... » Opération de couplage : « ...Moi je pense que ce qui est gros c'est ... ce qui est gros <u>et</u> ce qui est mauvais. Et puis, ce qui est petit <u>et</u> ce qui est meilleur, en fait, ça fait un cycle dans le muscle. »
Schématisation finale telle que nous pouvons la reconstruire « Les aliments sont avalés par la bouche où ils sont mâchés <u>par les dents</u> . Ceci va dans l'estomac où les aliments sont broyés, sont mis liquide , ce qui les rend très petits. C'est aussi dans l'estomac qu' <u>ils sont triés</u> : ce qui est mauvais <u>et</u> gros est rejeté, ce qui est bon <u>et</u> petit part vers le muscle. »		

rencontre
des nécessités
de transformation
et de tri...

La double extension (191 et 193) va faire se rencontrer la question du tri et celle de la transformation. Dans l'estomac, Maëva parle du tri. Mais elle se rend aussitôt compte qu'elle a oublié de parler de la transformation, préalable au tri. À notre avis, cette double extension provoque le couplage en 193. La conjonction de coordination **et** semble montrer la collusion entre le critère du tri et le résultat de la transformation des aliments. Cette collusion fait intervenir d'une part, une représentation préconstruite partagée par les élèves de la classe (catégories doubles dont l'une est dévalorisée, Orange, 2004, p. 3-4) et,

d'autre part, ce qui a été dit précédemment dans le débat sur la transformation des aliments, puisque la nécessité de la transformation a été établie au niveau des interventions 87-98 de la façon suivante : « *pour qu'une partie des aliments puisse passer dans le sang, ils doivent être rendus plus petits par l'action des acides produits par le foie et le pancréas* ». Maëva procède à une mise en rapport entre les éléments qui prennent en compte les deux éléments (bon **et** petit versus mauvais **et** gros).

Cette analyse sur le plan épistémique se trouve renforcée par deux indications langagières qui marquent, selon nous, le caractère conscient de cette mise en relation :

Il y a une rupture dans la prise en charge de l'énoncé de Maëva. Elle commence (187) par une énonciation neutre : « *En fait, les aliments, on les avale...* » qui est semblable à celle utilisée par les deux groupes précédents. Cette prise en charge minimale se poursuit en 191 et 193. Après une phrase en 193 sur ce modèle, Maëva change son positionnement énonciatif par une modalisation (« *Moi, je pense que...* »). La modalisation concerne à la fois le sens du mot penser et l'accentuation due à la reprise du moi en je.

Il y a aussi une rupture dans la phrase « *que ce qui est gros c'est... ce qui est gros **et** ce qui est mauvais* » qui traduit une rupture au niveau du savoir (Fillon et al., 2004, p. 245).

Ce phénomène peut être interprété de la façon suivante : Maëva tente d'intégrer à l'énoncé qu'elle est en train de produire, un élément dont il a été question précédemment dans le débat et qui semble désormais admis par la communauté discursive et c'est en procédant à l'actualisation de son énoncé que la « collusion » entre le tri et la transformation se produit.

La référenciation en 296 du document 6 est importante dans la construction de la nécessité d'absorption à travers une paroi perméable : Jean-Luc, à la suite de Cindy, distingue le sang (le contenu) des vaisseaux sanguins (le contenant). Cette séparation contenu/contenant, même si c'est la seconde fois qu'elle apparaît lors de ce débat (intervention 14 : « *[Comment les nutriments vont-ils jusqu'aux muscles] Par les vaisseaux sanguins, quand ça passe dans le sang* »), permet ici – ce qui n'avait pas été le cas précédemment – de commencer à construire la nécessité d'une paroi, des vaisseaux sanguins, perméable. Cette perméabilité est nécessaire pour que les nutriments passent de l'intérieur du tube digestif dans le sang. La construction de cette schématisation, qui sépare le contenant du contenu, permet d'initier un véritable travail sur l'obstacle « tuyau continu à paroi perméable » identifié par Clément (1993, p. 151). Il nous semble que c'est l'argumentation de preuve établissant l'impossibilité d'une distribution par des tuyaux sanguins conduite par la classe précédemment (118-145) qui a rendu possible ce travail de l'obstacle. Il convient de noter que le pilotage du débat par l'enseignant ne permet pas de construire la nécessité d'une paroi perméable ; l'enseignant n'ayant pas identifié cette nécessité *a priori*, il ne la questionne pas.

...pour réduire
la discordance...

...des énoncés
produits
dans la classe

travail de l'obstacle
« tuyau continu à
paroi perméable »

Document 6. Construction et négociation de schématisation du groupe 5

282-Cindy :	Nous on a dit que les aliments, ils passent d'abord dans l'œsophage pour arriver dans l'estomac et c'est là, ils sont dissous par les sucs gastriques, en fait. Et puis après, à la sortie de l'estomac, <i>ils sont triés</i> , les nutriments, enfin ce qui est bon pour les muscles et tout ça, <i>ça passe dans le foie</i> et le reste ça passe dans l'intestin. Et ce qui va dans le foie, en fait, c'est, ça passe par la paroi jusque dans les vaisseaux sanguins et puis c'est conduit jusqu'au muscle.	Pré-modèle
283-Christophe :	Bah, là, elle parle du foie.	
284-Enseignant :	Vous parlez du foie, quelle est la, alors pourquoi est-ce que vous parlez du foie ? Pourquoi vous parlez du foie, vous êtes quatre, alors le foie, le foie il sert à quoi là ?	Remarque d'un élève qui souligne qu'ici le foie intervient. L'enseignant interprète cette remarque comme une demande de précision concernant le rôle du foie
285-Cindy :	Il sert à, il reçoit les nutriments.	
286-Jean-Luc :	Bah, il sert à dissoudre plus, pour...	Extension de l'objet du discours par explication de « <i>ça passe dans le foie</i> » : le foie il sert à recevoir les nutriments et « à les dissoudre plus »
287-Enseignant :	Quand vous dites dissoudre, ça veut dire quoi, c'est ce que vous disiez tout à l'heure, ça veut dire mettre liquide, c'est ça ? Transformer du solide en liquide. Pourquoi il faut que ça passe dans le foie avant d'aller dans le sang ?	
288-Jean-Luc :	Pour que se soit <i>plus petit encore</i> .	Extension de l'objet du discours par explication de « les dissoudre plus » : dissoudre davantage les aliments, ça leur permet d'être « <i>encore plus petits</i> »
289-Enseignant :	Pour que ce soit plus petit encore.	
290-Samuel :	Bah, oui.	
291-Enseignant :	Est-ce que tout va dans le foie ?	
292-Jean-Luc :	C'est séparé avant d'aller dans le foie, c'est séparé dans l'estomac.	Opération de référenciation par répétition de « <i>ils sont triés</i> » : il y a une « séparation dans l'estomac »
293-Enseignant :	Il y a une première séparation au niveau de l'estomac.	
294-Jean-Luc :	Ce qui est bon, ça va dans le foie, ce...	Opération de référenciation par répétition « ce qui est bon pour les muscles et tout ça, <i>ça passe dans le foie</i> » : « ce qui est bon, ça va dans le foie »
295-Enseignant :	Dans l'estomac, il y a une première séparation, c'est ça ? Il y a une première séparation entre ce qui est bon et ce qui est mauvais. Et ensuite, ce qui est bon, ça va dans le foie, le reste c'est rejeté, c'est ça. Et ce qui est bon, si je comprends bien, c'est re-dissous une seconde fois au niveau du foie, oui ? Une fois que c'est dissous, qu'est-ce que cela devient ?	
296-Jean-Luc :	Après, ça va dans les vaisseaux sanguins pour aller avec le sang.	Opération de référenciation par répétition de « ça passe par la paroi jusque dans les vaisseaux sanguins » : après le passage dans le foie, « ça va dans les vaisseaux sanguins pour aller avec le sang »
297-Enseignant :	Pourquoi il faut que ce soit re-dissous une seconde fois ?	

Document 6. Construction et négociation de schématisation du groupe 5

298-Jean-Luc :	Les choses ne sont pas bien dissoutes par l'estomac.	
299-Cindy :	Il peut pas <u>tout</u> dissoudre.	Opération de référénciation par répétition de 285-286 : la seconde transformation dans le foie est nécessaire « pour que <u>tout</u> soit dissous »
300-Enseignant :	Il peut pas tout dissoudre. Bon, pourquoi il faut que ce soit tout dissous ?	
301-Cindy :	Parce que si c'est pas assez dissous, ça peut pas aller dans la paroi.	Argumentation de preuve : « parce que si c'est pas assez dissous, ça peut pas aller dans la paroi »
302-Enseignant :	Donc, la dissolution, vous voyez, qu'elle sert, elle permet que cela puisse passer dans le sang. C'est ça. Au niveau du circuit du sang, montrez-nous le circuit du sang dans l'organisme.	
303-Cindy :	Ça va du foie, jusque dans les muscles.	
304-Enseignant :	Vous avez vu le circuit, qu'est-ce que vous en pensez, du circuit qu'ils proposent ?	
305-Anne-Laure :	par contre, y a pas de... y a pas de retour	Critique d' Anne-Laure
306-Enseignant :	Il n'y a pas de retour, alors il y en a un ou il n'y en a pas ?	
307-Samuel : (en montrant l'affiche)	On n'a pas marqué la suite, mais...	Extension de l' objet du discours par ajout entre « ça passe par la paroi jusque dans les vaisseaux sanguins » « et puis, c'est conduit jusqu' au muscle » : « On n'a pas marqué la suite, mais... » (Samuel 307) puis « Ça fait un circuit dans le corps quoi » (Cindy 309)
308-Enseignant :	Alors, montrez-nous, comment ça pourrait faire la suite ?	
309-Cindy :	Ça fait un circuit dans le corps quoi.	
310-Samuel :	En fait, y a un truc, un vaisseau sanguin qui récolte le sang qui n'a plus de nutriments et, en fait comme le cœur ça propulse le sang, ça fait un circuit.	
311-Enseignant :	Ça fait un circuit...	
312-Samuel :	<u>Fermé</u> .	Reprise modification de (307-309) : c' est un circuit qui est fermé
313-Enseignant :	Fermé, ça fait un circuit fermé. Ça fait un circuit fermé, il y a une partie, de l'autre côté, vous avez uniquement représenté les vaisseaux qui contiennent les nutriments. C' est ça.	
314-Samuel :	Ouais.	
Schématisation finale telle que nous pouvons la reconstruire « Les aliments passent dans l'œsophage et arrivent dans l'estomac. Les aliments sont dissous par les sucs gastriques. À la sortie de l'estomac, il y a une séparation . Ce qui est bon part dans le foie. Le reste passe dans l'intestin. Le foie sert à recevoir les nutriments et à les dissoudre jusqu'à ce que <u>tout</u> soit dissous, ce qui permet à ce qui est bon d'être <i>encore plus petit</i> . Quand c' est vraiment très petit, cela peut aller avec le sang après avoir traversé la paroi du foie et celle de l'estomac. Dans le sang, un circuit fermé permet d'apporter ce qui est bon au muscle. »		

disjonction du tri
et de
la transformation...

Le « **tout** » utilisé en 299 indique que tout ce qui arrive dans le foie est transformé. Cela signifie que les élèves de ce groupe ont procédé à une séparation de la question du tri et de celle de la transformation. Depuis le début du débat, la question du tri et celle de la transformation ont été traitées séparément. C'est Maëva qui avait associé ces deux questions lors de l'intervention 193. Cela l'avait conduit à choisir entre le critère du tri (bon/mauvais) et celui de la transformation (petit/gros) (222). La solution co-construite par Cindy et Jean-Luc consiste à garder, à la fois, le critère du tri (catégorie double : bon/mauvais) et celui de transformation (catégorie double : petit/gros) puisque ces deux critères semblent être acceptés par la plupart des élèves de la classe. Pour résoudre la difficulté pointée par Maëva, ils disjoignent la question du tri et celle de la transformation. Cela leur permet de construire une schématisation qui conserve les deux critères faisant l'objet d'un accord au sein de la classe.

...pour réduire
la discordance
des énoncés
produits
dans la classe

Ces deux derniers exemples sont intéressants car ils montrent la façon dont Maëva, d'une part, Cindy et Jean-Luc, d'autre part, procèdent pour réduire les écarts entre les différents discours tenus dans la classe. La mise en cohérence des schématisations produites s'inscrit dans cette réduction des « *voies divergentes en cours dans la classe dans la mesure où une des valeurs fondamentale des communautés scientifiques, ...consiste à élaborer des savoirs admis provisoirement par la communauté* » (Fillon et al., 2004, p. 208-209).

Pour achever cette contribution, nous souhaitons mettre en évidence comment l'analyse croisée d'une petite partie du débat de classe nous apporte des éléments de compréhension sur les conditions de recevabilité d'une schématisation sur le possible et sur le processus de construction du problème.

5. EXIGENCE DE PRÉCISION SUR LES SOLUTIONS POSSIBLES ET ACTIVITÉ DE PROBLÉMATISATION

les interventions
de l'enseignant
amènent les élèves
à plus de précision

Dans la construction des solutions possibles, de nombreux échanges entre élèves concernent une exigence de précision. Il s'agit d'abord d'une précision lexicale qui permet d'ancrer la schématisation dans l'univers scientifique. Il s'agit ensuite d'une amélioration de la précision de l'énonciation par diminution du nombre de pronoms utilisés (correspondant à des *objets flous*) au profit de sujets lexicaux (correspondant à des *objets précisés*) qui s'effectue par de nombreuses référenciations. Ce sont les interventions de l'enseignant qui jouent un rôle essentiel dans ce processus et ses demandes de précision sont déterminantes. En effet, pour qu'une schématisation sur les possibles soit intéressante, il faut qu'elle puisse être discutée, critiquée, confrontée à d'autres possibles, confrontée au réel, ce qui n'est envisageable que si la schématisation proposée est suffisamment précise. Ce travail langagier permet en outre de prendre des distances avec la connaissance commune et sensible, ce qui est un préalable à l'accès au savoir scientifique.

Cependant, nous nous demandons dans quelle mesure ce type d'intervention ne vient pas renforcer les fausses représentations de l'activité scientifique chez certains élèves. En effet, Jaubert & Rebière (2000, p. 192) ont montré que certaines « *postures rigides* » d'élèves constituent un obstacle à l'entrée dans un processus de problématisation. La multiplication des interventions de l'enseignant dans le sens d'une hyper-précision lexicale risque, peut-être, de venir renforcer cette conception (« *le professeur, il est content quand on utilise plein de mots compliqués* »).

Cette contradiction entre la nécessité d'obtenir une schématisation précise (pour que la classe puisse débattre sur des éléments précis) et les risques que cela peut avoir par rapport à la représentation que les élèves se font de l'activité scientifique en classe pourrait amener l'enseignant à expliciter les raisons de ce besoin de précision afin de pouvoir confier, à terme, « *cette exigence de précision lexicale... à la classe* » (Weisser, 2003, p. 58).

6. MISE EN COHÉRENCE LANGAGIÈRE ET ÉPISTÉMIQUE DES SCHÉMATISATIONS : INDICATRICE D'UNE INFORMATION SUR L'ACTIVITÉ DE PROBLÉMATISATION

Notre étude montre qu'une solution possible est recevable par les autres élèves de la classe à condition qu'elle soit mise en cohérence par rapport à différents éléments (cadre explicatif, nécessité préalablement établie lors du débat). Compte tenu de la double analyse menée, nous pouvons dire que la mise en cohérence s'est effectuée dans la double dimension épistémique et langagière. En effet, la mise en cohérence épistémique se réalise à travers les opérations langagières qui permettent une mise en cohérence du discours produit. Symétriquement, la mise en cohérence d'un discours produit sur le plan langagier s'accompagne d'une mise en cohérence épistémique. Nous proposons que cette double mise en cohérence s'effectue de façon synchrone, l'une se réalisant à travers l'autre. Ainsi, nous pouvons inscrire nos résultats dans le sens des travaux de Jaubert & Rebière qui montrent que « *la construction des savoirs est en relation avec la construction de stratégies langagières sur lesquelles repose la cohérence des discours scientifiques* » (2000, p. 173).

Alors que l'étude de Jaubert & Rebière (2000) porte sur des textes écrits produits par des élèves à différents moments de l'unité d'apprentissage et donne à voir différents états successifs, notre corpus est constitué par une énonciation en cours de construction. Cela nous permet d'analyser le processus de mise en cohérence qui semble montrer le caractère synchrone de la double mise en cohérence épistémique et langagière. Cependant il conviendrait d'étendre notre étude sur les productions des élèves en aval du débat scientifique en classe pour étayer nos interprétations.

les interventions
des élèves
assurent
la mise
en cohérence
des schématisations...

Mais ce n'est pas tout, car la mise en cohérence sur le plan épistémique et langagier nous permet de mieux comprendre le processus de problématisation dans le débat scientifique.

6.1. Mise en cohérence et cadre explicatif du débat de classe

...par rapport
au cadre
explicatif
du débat...

En 12-13 et 191-193 (2), la schématisation en construction a été mise en cohérence par les élèves par rapport au cadre explicatif mécaniste, essentiellement la nécessité d'une « tuyauterie » continue faisant référence à une nécessité de continuité spatio-temporelle. C'est bien cela qui apparaît nécessaire aux élèves et qui constitue un élément important du cadre explicatif.

Cela vient confirmer nos interprétations par rapport au cadre explicatif dans lequel s'est déroulé ce débat, d'autant plus que ce sont des interventions d'élèves qui ont orienté ces négociations.

6.2. Mise en cohérence par rapport à des raisons construites dans le débat et conceptualisation

Nous avons montré que la schématisation du groupe 2 doit être mise en cohérence par rapport à la nécessité de tri (33-45) établie lors des interventions 30-31. De la même façon la schématisation du groupe 5 est mise en cohérence par rapport à la nécessité d'une distribution par circuit clos (305-312) établie en montrant l'impossibilité d'une distribution par des tuyaux sanguins dès la comparaison entre les affiches des groupes 2 et 3.

...et aux raisons
précédemment
construites
et stabilisées
lors du débat

Ces deux mises en cohérence s'effectuent par rapport à des raisons préalablement construites dans le débat. Cela nous amène à dire que ces raisons (tri et distribution par circuit clos) ont été stabilisées, c'est-à-dire qu'elles ont acquis un degré de conceptualisation qui permet aux élèves de les considérer, effectivement, comme des contraintes fortes sur les solutions possibles (une schématisation sera acceptable *si et seulement si* elle respecte la contrainte de tri et la contrainte d'une distribution par circuit clos). Puisque la nécessité a été intégrée au mode de raisonnement de l'élève, nous pensons que l'élève a pris conscience de cette nécessité.

La double mise en cohérence par rapport à ces deux contraintes se traduit par l'intégration de celles-ci dans la schématisation d'un élève (suite à une question ou alors spontanément). C'est ce *mouvement intégratif* qui traduit le changement de statut des contraintes par rapport à la problématisation : les élèves qui participent à ces échanges ont effectivement pris conscience du passage des idées aux raisons. Cette interprétation nous semble d'autant plus valide que la régulation des conflits

(2) La schématisation est déployée dans l'espace et le temps pour prendre en compte les différents processus selon un ordre chronologique qui se traduit par un balisage spatial et temporel très marqué : « *et ça va* » (191), « *là, c'est trié* » (191), « *et puis ce qui est* » (193) « *et* » répété plusieurs fois.

la stabilisation
d'une raison
correspond
à son extraction
de ce qui
« est en question »

dans ce type de débat se réalise sur le mode cognitif (ce dont l'enseignant est garant). Ainsi, lorsque un élève A fait évoluer sa schématisation suite à l'objection d'un élève B, ce n'est pas sous la pression affective de B mais bien parce que A considère l'objection de B comme valide sur le plan cognitif.

Allons un peu plus loin dans l'interprétation d'un tel changement de statut d'un énoncé. Une idée, comme celle de la distribution par circuit clos, peut être proposée à la discussion et questionnée, ce qui permet d'établir une raison. Le *mouvement intégratif* extrait la raison du questionnement : elle est désormais « hors-question », il n'y a plus de doute possible à propos de cette raison. C'est ce que nous entendons par « *la raison est devenue un énoncé stable* » à partir de laquelle une nouvelle problématisation peut se développer.

Il convient de souligner que, dans le débat étudié, c'est la gestion de l'hétérogénéité des discours présents dans la classe qui permet le changement de statut de certaines raisons.

Ainsi l'analyse croisée mise en œuvre apporte des informations qui nous permettent de distinguer, parmi les raisons établies lors du débat, celles qui sont stabilisées de celles qui ne le sont pas encore.

Dans le corpus analysé, deux nécessités semblent avoir été stabilisées (car elles ont acquis un caractère contraignant fondé sur les nécessités identifiées dans le débat), la nécessité de tri et celle d'une distribution par un circuit fermé.

6.3. Réduction de la discordance à propos d'énoncés en cours de construction et non encore stabilisés dans le débat

travail langagier
et émergence
de nouvelles
nécessités

Le processus de stabilisation d'une raison ne concerne pas toutes celles identifiées lors de l'analyse du débat sur le plan épistémique. Ainsi le lien entre la nécessité de tri et la nécessité d'une transformation est en cours de construction comme en témoignent les deux mouvements discursifs opposés de collusion et de disjonction de ces nécessités. La schématisation proposée par Maëva concernant les critères du tri et l'argumentation de preuve tentée (3) n'ont pas emporté l'adhésion de la classe puisque Cindy, lors de la schématisation suivante, réussit à réintégrer dans sa proposition les deux types de critères (bon/mauvais et petit/gros) en procédant à la disjonction chronologique du tri et de la transformation.

On assiste également à l'émergence de ce que l'on pourrait appeler des « *nécessités en germe* » dans le débat. C'est le cas, par exemple, de la nécessité d'une perméabilité des vaisseaux sanguins qui émerge de la tentative de séparation contenant/contenu opérée par Jean-Luc en 296.

(3) 224–Maëva : « Mais, je pense que c'est plus logique que ce soit petit et gros parce que c'est plus facile à trier. »

Les analyses conduites peuvent permettre de mieux comprendre comment se construisent les nécessités dans la dynamique du débat, ce qui pourrait nous amener à réorganiser les liens entre les nécessités que nous avons représentés sur le document 1.

CONCLUSION

double analyse
épistémologique
et langagière...

Deux analyses ont été menées sur un même corpus. La première a permis d'identifier les raisons en jeu dans les débats en privilégiant la dimension épistémique. Or, il nous semblait qu'une analyse plus fine des productions langagières des élèves permettrait de suivre, au plus près, l'activité de problématisation des élèves.

C'est ce type d'analyse que nous avons tenté sur la phase de présentation des affiches lors du débat scientifique en mobilisant des outils issus de la logique naturelle, puisque compatibles avec notre cadre épistémologique de référence, pour analyser le processus de construction et de négociation des schématisations.

...pour comprendre
la construction
d'un savoir
problématisé

L'analyse croisée menée nous a permis de distinguer, parmi les raisons établies lors du débat, celles qui sont effectivement construites par les élèves (traces de la conceptualisation, processus de la conceptualisation) de celles qui sont en cours de construction ou en voie d'émergence (alors que notre première analyse nous renseigne sur ce qui a été discuté). Ces résultats montrent la compatibilité des approches épistémologiques et langagières et surtout le caractère heuristique de cette double analyse.

Il reste à les mettre en œuvre sur l'ensemble des interventions des élèves et à étendre notre travail d'investigation sur la totalité des productions – élèves en amont et en aval du débat scientifique. Cela nous permettra peut-être de suivre la façon dont les élèves accèdent aux raisons, c'est-à-dire la manière dont ils accèdent aux savoirs scientifiques.

La compréhension de la place et du rôle des argumentations de preuve par rapport à la construction des solutions possibles devrait aussi nous aider à mieux comprendre les processus ayant lieu lors des débats scientifiques en classe.

Yann LHOSTE
IUFM de Basse-Normandie
CREN, université de Nantes – EA 2661
yann.lhoste@caen.iufm.fr

La transcription complète du débat scientifique ainsi que les productions des élèves peuvent être transmises par courrier électronique sur demande à l'auteur. Elles sont disponibles sur le site de la revue ASTER sur le site de l'INRP.

BIBLIOGRAPHIE

ASTOLFI, J.-P. & PETERFALVI, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, 193-216.

BACHELARD, G. (1949). *Le Rationalisme Appliqué*. Paris : PUF.

BANET, E. & NUNEZ, F. (1997). Teaching and learning about human nutrition : A constructivist approach. *International Journal of Science of Education*, 19(10).

BRONCKART, J.-P. (1996). *Activité langagière, textes et discours*. Paris : Delachaux et Niestlé.

CANGUILHEM, G. (1965). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.

CLÉMENT, P. (1993). Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, 13, 133-156.

FILLON, P., ORANGE, C., PETERFALVI, B., REBIÈRE, M. & SCHNEEBERGER, P. (2004). Argumentation et construction de connaissances en sciences. In J. Douaire, (coord.) *Argumentation et disciplines scolaires*. Paris : INRP.

FOUCAULT, M. (1966). *Les mots et les choses*. Paris : Gallimard.

FOUCAULT, M. (1969). *L'archéologie du savoir*. Paris : Gallimard.

GRIZE, J.-B. (1982). *De la logique à l'argumentation*. Genève : Librairie Droz.

GRIZE, J.-B. (1996). *Logique naturelle et communication*. Paris : PUF.

GRIZE, J.-B. (1990). *Logique et langage*. Paris : Ophrys.

JACOB, F. (1981). *Le jeu des possibles*. Paris : Fayard.

JAUBERT, M. & REBIÈRE, M. (2000). Observer l'activité langagière des élèves en sciences. *Aster*, 31, 173-196.

JAUBERT, M. & REBIÈRE, M. (2001). Pratiques de reformulation et construction de savoir. *Aster*, 33, 81-110.

KUHN, T.-S. (1962, Édition française 1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.

MARTINAND, J.-L. (dir.) (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.

MARTINAND, J.-L. (dir.) (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.

ORANGE, C. & ORANGE, D. (1995). Géologie et biologie : analyse de quelques liens épistémologiques et didactique. *Aster*, 21, 27-50.

ORANGE, C. (2000). *Idées et Raisons, construction des problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire présenté pour l'Habilitation à diriger des recherches. université de Nantes.

ORANGE, C. (2002). Apprentissage scientifique et problématisation. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, 1.

ORANGE, C. (2003). Débat scientifique dans la classe et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *Aster*, 37, 83-108.

ORANGE, C. (2004). Analyse des savoirs en jeu lors d'interactions verbales : de la connaissance commune aux savoirs scientifiques dans un « débat scientifique » au cycle 3. *Actes du Colloque « Faut-il parler pour apprendre ? »*. Arras, 24, 25 & 26 mars 04. Cédérom.

POPPER, K.-R. (1979, Édition française 1991). *La connaissance objective*. Paris : Aubier.

TOULMIN, S. (1961, Édition française 1973). *L'explication scientifique*. Paris : Armand Colin.

VYGOTSKI, L. (1937, Édition française 1998). *Pensée et langage*. Paris : La dispute.

WEISSER, M. (2003). La gestion didactique des situations d'argumentation orale. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, 36 (3).

PROBLÉMATISATION FONCTIONNALISTE ET PROBLÉMATISATION HISTORIQUE EN SCIENCES DE LA TERRE CHEZ LES CHERCHEURS ET CHEZ LES LYCÉENS

Denise Orange Ravachol

Cet article s'intéresse à la problématisation en sciences de la Terre. Ces sciences sont en tension entre un pôle fonctionnaliste et un pôle historique puisqu'elles s'emploient à la fois à expliquer le fonctionnement actuel de la Terre et à reconstituer son histoire. Dans le cadre de quelques problèmes géologiques, nous caractérisons la problématisation fonctionnaliste et la problématisation historique et nous questionnons leur articulation : le principe méthodologique de l'actualisme et la distinction événement/phénomène prennent alors toute leur importance. Nous mettons en comparaison la problématisation des chercheurs et celle des lycéens. Ces approfondissements permettent d'avancer dans l'identification des difficultés des lycéens à construire des savoirs scientifiques en géologie.

en sciences
de la Terre...

C'est en nous plaçant dans le cadre théorique de la problématisation (M. Fabre & C. Orange, 1997 ; C. Orange, 2000, 2002) que nous nous intéressons à la construction des explications par l'élève en *sciences de la Terre*. Nos recherches, en effet, prennent en compte une nécessaire liaison entre explication et problème scientifique et elles questionnent la construction des problèmes, autrement dit la problématisation. Dans ce cadre théorique, l'activité scientifique se caractérise par la co-construction et la mise en tension d'un registre empirique, monde des données à expliquer ou à prendre en compte dans l'explication, et d'un registre des modèles, monde des constructions explicatives ayant valeur de solutions (Martinand, 1992). Cette approche tensionnelle conduit à dégager des raisons (des nécessités) qui contraignent les modèles explicatifs et leur confèrent un caractère apodictique.

...des problèmes
fonctionnalistes...

Les *sciences de la Terre* articulent un pôle fonctionnaliste et un pôle historique : en effet, ces sciences s'emploient tout à la fois à comprendre le fonctionnement actuel de la Terre (ce sont des sciences fonctionnalistes) et à reconstituer son passé (ce sont des sciences historiques) (D. Orange Ravachol, 2003). Nous pouvons ainsi y distinguer des problèmes fonctionnalistes, par exemple le problème de la répartition actuelle des volcans, et des problèmes historiques, comme le problème de la formation des chaînes de montagnes.

...et des problèmes
historiques

Les buts poursuivis dans cette contribution sont les suivants : Établir et discuter les caractères de la problématisation en *géologie fonctionnaliste* et en *géologie historique*. G. Gohau (1997) écrit que le principe de l'actualisme lie ces deux pôles ; la place et le rôle de l'actualisme dans la problématisation en *sciences de la Terre* méritent donc d'être étudiés.

caractériser
la problématisation
en géologie

Étudier les difficultés des lycéens à problématiser en *sciences de la Terre*. Nous allons porter attention aux explications que produisent, d'un côté les chercheurs actuels et de l'autre les lycéens. Il s'agit d'analyser leurs explications pour accéder aux nécessités qu'ils construisent et pour dégager le rapport au temps qu'ils entretiennent. Trois problèmes nous servent ici d'appuis : le problème du volcanisme des zones de subduction (problème fonctionnaliste) ; le problème des ophiolites ; et le problème de l'origine de la vie (problèmes historiques).

1. PROBLÉMATISATION FONCTIONNALISTE EN GÉOLOGIE

un exemple
de problème
en géologie
fonctionnaliste

En *sciences de la Terre*, les chercheurs et les élèves prennent en charge des problèmes fonctionnalistes. Ce sont les problèmes qui concernent le fonctionnement actuel du système Terre ou de ses parties. La recherche d'une explication au volcanisme des zones de subduction (Andes, Japon, Antilles) en est un exemple. Nous l'étudions à ce titre, mais aussi parce qu'il prend place de manière récurrente dans les programmes récents des classes scientifiques du lycée : classe de première S (élèves de 16-17 ans) pour les programmes de 1992 et classe de terminale S (élèves de 17-18 ans) pour les programmes de 2001. Voyons d'abord en quoi consiste la problématisation des chercheurs, avant d'entrer dans celle des lycéens.

1.1. Le problème du volcanisme des zones de subduction du point de vue des chercheurs

Dans le cadre théorique actuellement admis de la tectonique des plaques, les zones de subduction correspondent à des zones superficielles de la Terre où une plaque lithosphérique plonge sous une autre plaque lithosphérique : ainsi, à l'Ouest du Chili, la plaque de Nazca s'enfonce sous la plaque supportant l'Amérique du Sud. Ce qui pose problème aux scientifiques, dans le volcanisme de ces zones, n'est pas tant la remontée du magma que sa formation. Car les plaques en jeu sont solides comme le manteau asthénosphérique sur lequel elles reposent et dans lequel elles s'enfoncent. Les géologues actuels apportent à ce problème la solution suivante : à l'aplomb des édifices volcaniques, il y a production de magma par fusion partielle du manteau (péridotite) sous les actions conjuguées d'une température et d'une pression lithostatique assez élevées ainsi que d'une certaine pression en eau (une eau issue de la déshydratation de la plaque plongeante). En termes de problématisation, les chercheurs construisent un espace de contraintes par la mobilisation et la mise en tension de plusieurs éléments :

- 1) l'existence de volcans dans les zones de subduction.
- 2) la nature solide du manteau révélée par la sismologie.

3) l'évaluation de la température au niveau de la plaque plongeante.

4) la liaison entre la fusion et des paramètres comme la température, la pression, des fondants.

solution...

Tous ces éléments n'ont pas le même statut épistémologique mais, dans le contexte problématique du magmatisme des zones de subduction, ils ne sont pas questionnés en tant que modèles : ils appartiennent au registre empirique (J.-L. Martinand, 1992), même s'ils participent d'une phénoménologie savante (1). La prise en compte de ces éléments de base se traduit par des mises en relation et certaines d'entre elles débouchent sur des nécessités : ainsi, la combinaison de 1) et 2) engendre-t-elle la nécessité d'une production locale de magma ; et la mise en jeu de 3) et de 4) ouvre-t-elle vers la nécessité d'un mécanisme faisant baisser la température de fusion des roches, et plus précisément à la nécessité de fondant(s). Le modèle explicatif exposé dans le paragraphe précédent est une solution réalisant ces nécessités.

...et espace
des contraintes
des chercheurs

Le schéma de la figure 1 donne une idée de l'espace des contraintes (C. Orange, 2000) des chercheurs. Sans rendre compte totalement du dynamisme de sa construction, il résume les mises en tension établies entre registre empirique et registre des modèles et il les situe dans un cadre de références explicatives que C. Orange (1997) a nommé registre explicatif. Dans notre exemple, la problématisation des chercheurs s'effectue dans un cadre mécaniste au sens large : elle se réfère en effet aux comportements de la matière (ses variations d'état, les caractères de la fusion partielle) parfaitement expliqués par la physico-chimie.

Étudions maintenant la problématisation de lycéens confrontés au problème du volcanisme des zones de subduction.

1.2. Le problème du volcanisme des zones de subduction du point de vue des lycéens

Dans une classe de première S (programme de 1992 (2)), où les aspects globaux de la théorie de la tectonique des plaques (accrétion, subduction, collision ; état du manteau) ont été travaillés, le professeur a demandé aux élèves, répartis en groupes, d'« expliquer à partir de quoi et comment se forme le magma des zones de subduction ». Cela a donné lieu à une production écrite (texte et schéma) suivie d'une confrontation des grands types de réponses. Ce débat a permis aux élèves de consolider la problématisation entamée en groupe :

– des propositions de groupes incohérentes avec les données théoriques ou empiriques ont été éliminées : c'est le cas d'un modèle mobilisant un magma issu de la base du manteau.

(1) C. Orange (2000) propose la règle suivante pour situer un élément du problème dans le registre empirique : « il n'est pas explicatif pour le problème en question et, s'il peut être incertain, il est non problématique (c'est-à-dire qu'il est éventuellement questionné en vrai/faux, mais pas en possible/nécessaire) ».

(2) Ce problème relève maintenant du programme de la terminale S.

- des nécessités ont été construites et la classe s'est accordée sur un modèle commun provisoire : c'est le haut de la plaque plongeante qui fond grâce au rôle déterminant de la température. Les élèves expliquent cette augmentation de la température soit par le gradient géothermique, soit par le frottement des deux plaques, soit encore par la pression exercée par la plaque qui plonge. Ces modèles ne correspondent pas au modèle savant actuel.

solutions...

Intéressons-nous plus précisément à ce moment d'apprentissage, en nous appuyant sur deux propositions explicatives de groupes et sur les échanges qui ont accompagné leur présentation.

- Pour le groupe 1, c'est l'augmentation de la température occasionnée par le frottement des plaques qui provoque la formation locale de magma (solution du groupe 1) : « *Ben, là, le magma, il est formé grâce au frottement des deux plaques. Quand celle-là, elle passe près de... en dessous de celle-là, ça frotte, ça réchauffe la roche. Et ça crée du magma qui s'entasse ici. Et par le... les séismes, ça crée des fissures et ça permet au magma de remonter et de former les volcans à la sur... à la surface. Voilà.* ».
- Pour le groupe 2, la plaque plongeante rencontre en s'enfonçant des conditions de température plus élevées, ce qui détermine sa fusion locale (solution du groupe 2) : « *En fait, c'est la plaque en descendant, elle arrive à une certaine profondeur. Et y-a une température qui est importante alors ça fond. Et puis ça fait du magma et puis ça remonte.* ».

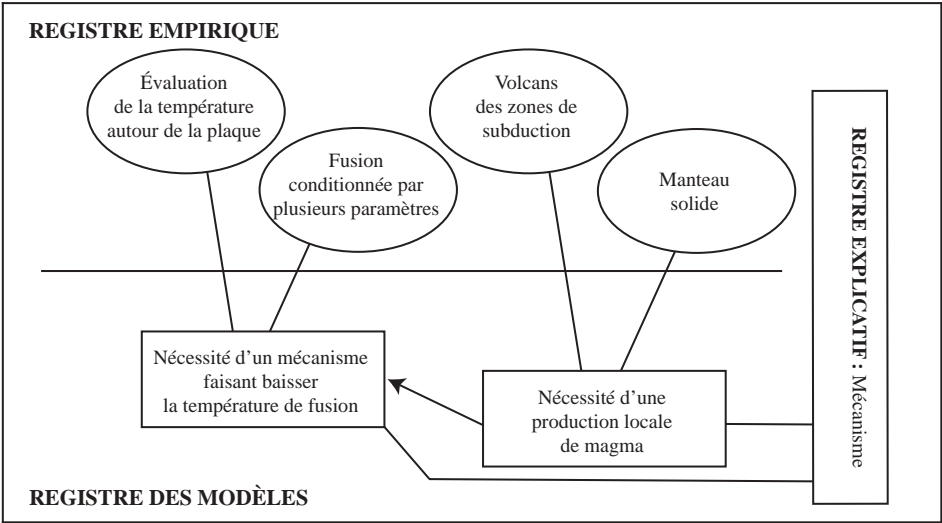
...et espace
des contraintes
des lycéens

Les groupes 1 et 2 construisent et mettent en tension un registre empirique et un registre des modèles. Sur quels éléments empiriques s'appuient-ils ? Les deux groupes prennent en compte trois éléments : l'existence de volcans dans les zones de subduction (1), la nature solide du manteau (2), la liaison entre la fusion et la température (3).

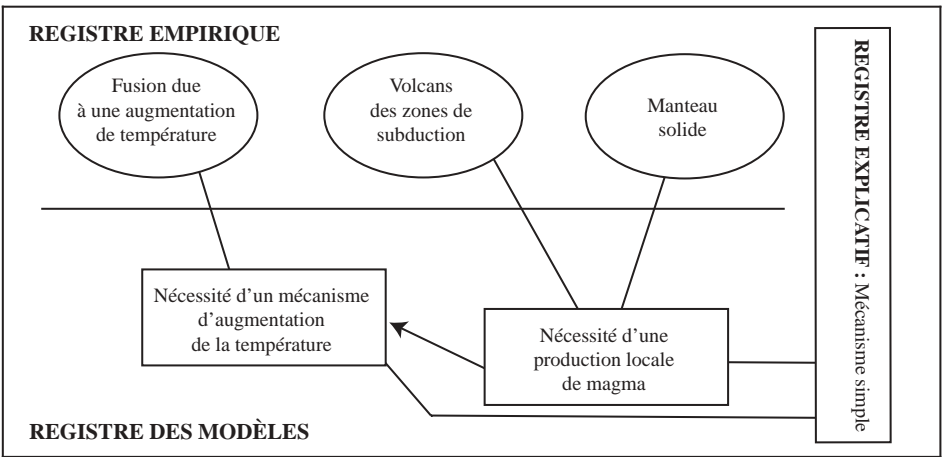
Comme l'a montré C. Orange (2000), ces éléments sont combinés pour produire des contraintes sur les modèles : les points 1 et 2 conduisent à la nécessité d'une formation locale de magma ; le point 3 amène alors à chercher un mécanisme d'augmentation locale de la température. Le frottement des plaques comme l'existence de zones plus chaudes en profondeur réalisent ces nécessités. Les solutions proposées par ces deux groupes sont différentes tout en correspondant à une problématisation proche.

La situation d'explicitation et d'argumentation qui fait suite à la présentation du groupe 2 permet d'ajuster l'espace des contraintes. En effet, après que le groupe 2 a exposé son modèle, le professeur s'étonne du fait que la fusion se cantonne à la zone de la plaque plongeante, sans concerner ses abords proches où la température est sans doute élevée. Cela met les élèves dans un embarras qu'ils dépassent en faisant référence aux différentes roches en jeu. En mobilisant ces nouvelles contraintes empiriques, ils construisent l'impossibilité de la fusion de la péridotite, autrement dit la nécessité de fusion du basalte et des gabbros. La classe construit donc

**Figure 1. Problème du volcanisme des zones de subduction :
espace des contraintes des chercheurs (d'après C. Orange, 2000)**



**Figure 2. Problème du volcanisme des zones de subduction :
espace des contraintes des élèves d'une classe de première S**



la nécessité de la fusion d'une partie des roches de la plaque plongeante (3).

La figure 2 présente l'espace des contraintes construit par la classe de première S étudiée.

1.3. Comparaison de la problématisation des chercheurs et de celle des lycéens

Au terme de cette étude sur la construction d'un problème fonctionnaliste, le problème du volcanisme des zones de subduction, tentons une comparaison entre la problématisation des chercheurs et celle des élèves. C'est une façon d'identifier et d'expliquer les difficultés des élèves.

entre
la problématisation
des chercheurs...

On peut dire d'emblée que la problématisation des élèves se démarque de celle des scientifiques tant au niveau des espaces des contraintes construits qu'au niveau des solutions proposées. Ainsi, quand les élèves en arrivent à la nécessité d'un « *mécanisme d'augmentation de la température* », les chercheurs construisent celle d'un « *mécanisme abaissant la température de fusion* ». On peut rapporter ces écarts à la composition du registre empirique des uns et des autres : le registre empirique des élèves est moins fourni que celui des chercheurs et les conduit dans une problématisation du sens commun. Mais ce n'est pas tout. Les différences tiennent vraisemblablement aux formes d'explication, donc aux registres explicatifs, dont chercheurs et lycéens disposent. Nous avons montré (D. Orange, 2003) que spontanément, les élèves usent d'une forme d'explication qui est la « mise en histoire ». Cela leur permet de faire fonctionner « à moindre coût » un système physico-chimique complexe et de s'accommoder d'un registre empirique fragmentaire. En revanche, cela peut constituer un obstacle à la construction de certaines nécessités pesant sur le modèle.

...et celle
des lycéens...

Cette étude montre aussi que mettre uniquement l'accent sur les solutions au problème, c'est risquer de diagnostiquer chez les élèves une hétérogénéité qui n'est peut-être qu'illusoire : dans notre exemple, des modèles explicatifs différents cachent en effet une problématisation comparable, construisant la nécessité d'une fusion locale et celle d'un mécanisme élevant localement la température.

...des écarts
à plusieurs
niveaux

1.4. Conclusion

Les réflexions que nous avons tenues précédemment concernaient la problématisation en *géologie fonctionnaliste*. Nous pouvons nous demander maintenant en quoi elles sont pertinentes en *géologie historique*. Autrement dit, la problématisation historique prend-elle la même forme que la problématisation fonctionnaliste ? De plus, dès lors que nous nous préoccupons du passé de la Terre, le temps

(3) Cette problématisation est non conforme au savoir actuel, comme nous le verrons plus loin.

semble se montrer plus ouvertement qu'en *géologie fonctionnaliste*. De quelle manière intervient-il dans la problématisation historique ? Sa mise en jeu se limite-t-elle à des problèmes de chronologie et de durée ?

2. ÉLÉMENTS POUR PENSER LA PROBLÉMATISATION HISTORIQUE EN GÉOLOGIE

articuler
la géologie
fonctionnaliste...

La *géologie historique* cherche donc à reconstituer, à ordonner entre eux et à comprendre des phénomènes et des événements qui se sont produits dans le passé de la Terre. En nous référant aux travaux de l'historien de la géologie G. Gohau et du paléontologue S.J. Gould, nous parvenons à l'idée que la compréhension de la problématisation historique doit gagner à questionner le principe méthodologique de l'actualisme et à faire la distinction entre événement et phénomène.

G. Gohau (1997) écrit que « *La géologie a pour objectif d'étudier à fois les phénomènes se produisant actuellement à la surface de la terre, ou dans ses parties superficielles, et l'histoire de notre globe* ». Il lie donc la *géologie fonctionnaliste* (G. Gohau parle de *géologie dynamique*) et la *géologie historique* et il précise que ce qui les articule est un principe dit *principe des causes actuelles* (encore appelé *principe de l'actualisme*).

...et la géologie
historique

S.J. Gould (1991) écrit quant à lui que les sciences historiques comme la géologie « *tendent d'expliquer ou de reconstruire des événements extrêmement complexes qui n'ont pu, en principe, se produire qu'une seule fois* » (S.J. Gould, 1999). Il met donc en valeur la notion d'événements, souligne leur singularité et le fait qu'ils ne sont pas donnés mais construits.

Les approfondissements suivants visent à fournir des repères pour caractériser la problématisation historique que nous étudierons ensuite plus précisément dans deux cas.

2.1. Phénomène et événement

Prenons un exemple du volcanisme actuel, le volcanisme de la Montagne Pelée, en lien avec le volcanisme des zones de subduction étudié dans notre première partie. Perceptible par l'homme dans ses dimensions spatiale et temporelle, il prend deux significations, celle du « fait » singulier ou celle du « fait » général :

« fait » singulier
ou « fait » général

Pris dans son individualité spatiale et temporelle, par exemple sous l'angle de l'éruption meurtrière de 1902, le volcanisme de la Montagne Pelée est un « fait » singulier ou événement. Son explication va chercher à comprendre pourquoi il s'est produit une éruption à cet endroit, à ce moment, avec ces caractéristiques. C'est un problème de science historique.

questionner
la distinction
entre événement
et phénomène

En revanche, le volcanisme de la Montagne Pelée peut être considéré comme une des manifestations du volcanisme des zones de subduction, comme le sont aussi celui du Mont Saint Helens aux États Unis et celui du volcan Pichincha dans les Andes. Il n'est pas alors étudié dans sa singularité. Au contraire, il a un caractère répétable dans l'espace (d'autres sites présentent un volcanisme comparable) ou dans le temps (ce type de volcanisme se manifeste sporadiquement), derrière lequel l'explication cherche des invariants cachés, des régularités. L'activité de la Montagne Pelée, comprise comme du volcanisme de zone de subduction, prend le statut de phénomène (4). Son explication relève d'une *géologie fonctionnaliste*, où le temps est un paramètre ordinaire.

Sur l'exemple d'un objet géologique (le volcanisme des zones de subduction (5)), nous remarquons que le temps et l'espace peuvent jouer différemment, selon que le chercheur (novice ou expert) considère l'objet géologique comme phénomène ou comme événement. La distinction événement/phénomène est de première importance, tant du côté de la *géologie fonctionnaliste* que de la *géologie historique*, et nous pouvons faire l'hypothèse que la problématisation n'a pas les mêmes caractéristiques selon que l'on travaille sur un phénomène ou sur un événement.

2.2. La question des traces

Si nous mettons en relation les finalités et les caractéristiques de l'explication historique, nous sommes orientée vers deux recherches :

- la construction d'événements ou de phénomènes anciens qui ont marqué la Terre et qui peuvent « expliquer » des états actuels ;
- l'explication de ces événements ou phénomènes.

construire
les traces

Ce qui sert fondamentalement, ce sont les archives de la Terre, les traces vues comme des résultats de ces phénomènes ou événements. Mais pourquoi paraissent-elles être dignes d'intérêt ? Vraisemblablement parce qu'elles s'intègrent dans le cadre problématique du chercheur ou de l'élève (F. Jacob, 1981). C'est dans le cadre problématique du volcanisme que certains édifices volcaniques du Massif Central sont mis en correspondance avec des édifices volcaniques actuels ; il en est de même pour les *pillow lavas* du Chenaillet.

-
- (4) L'historien P. Veyne (1971) écrit que « *Ou bien les faits sont considérés comme des individualités, ou bien comme des phénomènes derrière lesquels on cherche un invariant caché* ». Les premiers intéressent pour eux-mêmes : ce sont des événements ; les seconds, répétables, sont un prétexte à découvrir une loi.
- (5) On pourrait tenir la même réflexion sur un exemple appartenant au passé de la Terre : la discontinuité faunistique et floristique de la limite Crétacé/Tertiaire. Elle peut être référée à une crise biologique (un phénomène) comme il y en eut d'autres dans l'histoire de la Terre. Ou bien, elle peut être considérée comme une crise biologique particulière (un événement) de cette époque.

Ces exemples montrent, comme nous l'avions relevé en *géologie fonctionnaliste*, que le registre empirique de la *géologie historique* est composite puisqu'il peut relever d'une phénoménologie commune (les cônes volcaniques aériens) ou d'une phénoménologie savante (les *pillow lavas* comme produits d'un volcanisme aquatique). D'autre part, nous remarquons que des éléments de ce registre participent d'un questionnement du fonctionnement terrestre à une époque donnée de son histoire (à telle époque, quels types de volcanisme par exemple ?). C'est donc que l'histoire de la Terre peut se comprendre, au moins par morceaux, dans le cadre d'une *géologie fonctionnaliste*.

2.3. La question de l'actualisme

Tous les géologues ont vu un recours nécessaire à la nature actuelle et à l'observation de ce qu'il s'y passe pour tenter d'interpréter les traces de ce passé. Devant des archives « muettes », le géologue a-t-il d'autres moyens pour construire une histoire de la Terre s'affranchissant des géogonies et relevant du domaine de la science (R. Hooykaas, 1970) ? On désigne là la forme méthodologique de l'actualisme : les phénomènes à l'origine des changements géologiques passés (leurs causes géologiques) ont existé et existent encore dans la nature actuelle. L'utilisation de ce principe n'est pas sans soulever des difficultés : le présent joue un rôle complexe et ambigu, puisqu'il est à la fois ce que l'on explique (le présent est le résultat de l'Histoire) et ce qui peut servir à expliquer (les causes encore agissantes permettant de reconstituer cette Histoire). De plus, les causes actuelles ne paraissent pas évidemment suffisantes pour comprendre certains phénomènes géologiques (la formation des chaînes de montagnes par exemple) : n'est-il pas alors plus tentant de recourir à des causes différentes en nature ou en intensité, autrement dit à du catastrophisme (6) ? Enfin, les méthodes étant étroitement liées à leur contexte d'utilisation (G. Canguilhem, 1983), nous pensons que l'idée que l'on se fait de l'évolution de la Terre au cours des temps géologiques contraint l'utilisation du principe méthodologique de l'actualisme : si l'on admet par exemple que la Terre a évolué depuis sa formation, n'est-il pas raisonnable d'envisager des causes anciennes d'une autre nature, sans qu'elles soient forcément d'une autre intensité que les causes actuelles ?

Ces considérations nous ont poussée à approfondir les dimensions de l'actualisme et à étudier ses relations avec les explications historiques (D. Orange Ravachol, 2003). Dans l'état actuel de nos recherches, nous mettons en valeur deux niveaux du principe méthodologique de l'actualisme.

clarifier
les différents
niveaux
de l'actualisme

(6) Il s'agit d'un catastrophisme méthodologique immédiat, mettant en jeu une cause *ad hoc* brutale, qui est soit une cause actuelle plus forte soit une cause sans équivalent actuel.

**• L'actualisme de premier niveau
(actualisme d'analogie)**

un actualisme
d'analogie...

L'actualisme de premier niveau ou *actualisme d'analogie* consiste à référer la trace de phénomènes ou d'événements passés à une trace actuelle, cette dernière renvoyant à un phénomène actuel dont le fonctionnement est connu. Prenons un exemple : les *pillow lavas* du Chenaillet sont lues comme des structures comparables aux *pillow lavas* actuelles des dorsales médio-océaniques. Nous pouvons observer la formation des *pillow lavas* actuelles par refroidissement d'un magma basaltique en milieu aquatique.

L'explication des *pillow lavas* anciennes est une explication historique qui se ramène à un problème fonctionnaliste actuel que l'on transfère dans le passé. C'est donc une explication fonctionnaliste, mais avec déplacement, via le temps, d'un registre empirique à un autre.

**• L'actualisme de deuxième niveau
(actualisme à temps long)**

L'actualisme de deuxième niveau ou *actualisme à temps long* consiste à référer la trace d'événements ou de phénomènes passés aux traces d'un phénomène actuel qui n'en est pas l'exact équivalent. Pour obtenir la trace passée telle que le géologue l'identifie, il est nécessaire d'envisager un processus de transformation s'exerçant sur une longue durée.

...et un actualisme
à temps long,
constructeur
de phénomène

Prenons l'exemple d'une surface structurale gréseuse cambrienne avec *ripple marks* (marques en ride) comme on en trouve à la Hague (M. Bournérias *et al.*, 1984). Ces rides ont une forme en tout point comparable à celles qu'on observe actuellement sur le sable des zones intertidales, sur le fond marin ou encore dans le lit d'un cours d'eau : ce sont des figures de courants. La formation de ces *ripple marks* peut être exportée au passé, sans qu'il soit possible de préciser la profondeur du dépôt par l'identification des seuls *ripple marks*. Nous sommes sur de l'*actualisme d'analogie*. Cependant, celles que l'on trouve sur la roche cambrienne sont indurées : les grains de sable sont soudés et les rides sont complètement figées en un ensemble rocheux compact. Nous n'observons pas cette transformation, nommée diagenèse, dans sa totalité à l'échelle du temps humain.

L'explication d'un banc gréseux à *ripple marks* est une explication historique qui se ramène à un problème fonctionnaliste et à la mobilisation d'un temps long.

**• De l'actualisme de 2^e niveau au catastrophisme
de 2^e niveau**

Prenons maintenant l'exemple des formations sédimentaires de la fin du Crétacé et du début du Tertiaire. Leur contenu faunistique et floristique présente une discontinuité. De nombreux affleurements de cette limite ère Secondaire/ère

un catastrophisme
simple

Tertiaire sont maintenant bien connus de par le monde, et des corrélations à distance sont faites. Comment expliquer cette trace du passé ? Avec quelle utilisation de l'actuel ? Il n'y a rien de comparable dans la période actuelle en termes d'extinction massive d'espèces en un temps court, ce qui permettrait de recourir à de l'actualisme d'analogie. Est-il alors possible de recourir à de l'actualisme de 2^e niveau ? Ce serait penser que l'ampleur des extinctions est rapportée à un phénomène encore en vigueur actuellement et qui se déploie sur une assez grande durée. Mais avec l'ensemble de plus en plus étoffé des traces anciennes de l'époque, et surtout avec l'encadrement temporel de plus en plus précis de cette discontinuité, qui borne un intervalle de temps géologiquement court, il paraît difficile aux géologues de raisonner sur la base d'un actualisme de 2^e niveau avec du temps long. Une catastrophe est alors convoquée, qui s'exprime dans deux solutions possibles : un impact météoritique (l'équipe américaine de L. & P. Alvarez) ou encore un épisode volcanique en Inde, intense et soutenu sur quelques dizaines à quelques centaines de milliers d'années (l'équipe française de V. Courtillot).

Il ne s'agit pas d'un catastrophisme immédiat, de 1^{er} niveau, qui consisterait à convoquer une cause extraordinaire adéquate, mais bien d'un catastrophisme de deuxième niveau, parce qu'il est sollicité après que les outils des deux actualismes méthodologiques ont été employés.

2.4. Conclusion

un catastrophisme
de 2^e niveau

En résumé, les géologues, par la mise en jeu de l'actualisme méthodologique sous toutes ses formes, et dans certains cas du catastrophisme de deuxième niveau, transforment des problèmes de la *géologie historique* en problèmes de la *géologie fonctionnaliste* : l'actualisme d'analogie transpose de l'actuel sur un tronçon passé de la flèche du temps ; l'actualisme de deuxième niveau (*actualisme à temps long*) procède de même mais il étire temporellement le processus en jeu dans le cours de l'Histoire. L'actualisme de 2^e niveau s'oppose au catastrophisme immédiat (catastrophisme de 1^{er} niveau) et construit la nécessité d'un temps long créateur.

Intéressons-nous maintenant à un cas de problème historique, la mise en place des ophiolites, et étudions notamment la place de l'actualisme méthodologique dans sa construction, chez les chercheurs comme chez les lycéens.

3. UN PREMIER EXEMPLE DE PROBLÉMATISATION HISTORIQUE EN GÉOLOGIE : LA MISE EN PLACE DES OPHIOLITES

un cas
de problématisation
en géologie
historique

On trouve des ophiolites au sein de nombreuses chaînes de montagnes. Depuis une trentaine d'années, les géologues les définissent comme un assemblage de roches magmatiques constitué de péridotites plus ou moins serpentinisées, de gabbros, de basaltes en *pillow lavas* qui complètent des sédiments siliceux ou radiolarites (A. Nicolas, 1990). Dans le cadre de la théorie de la tectonique des plaques, ils les considèrent comme des lambeaux de lithosphère océanique charriés sur de la lithosphère continentale (obduction) : ils conçoivent une formation de ces roches relevant du magmatisme d'une dorsale et leur charriage sur une marge continentale en rapport avec des phénomènes tectoniques.

Nous nous sommes intéressée plus précisément au problème des ophiolites du Chenaillet : il s'agit d'un exemple étudié dans le cadre du programme de géologie du lycée (première S, programme de 1992 ; terminale S, programme de 2001). Notre étude de la construction de ce problème par les chercheurs s'appuie sur le compte rendu de l'entretien que nous a accordé, en 2001, le tectonicien A. Michard, dont une partie des travaux porte sur les massifs ophiolitiques (D. Orange Ravachol, 2003). L'étude de la problématisation des lycéens utilise les productions écrites de deux classes de première S obtenues avant apprentissage.

3.1. Le problème des ophiolites du point de vue des chercheurs

formation
des ophiolites

Pour expliquer le phénomène de la mise en place des ophiolites, un modèle prévaut actuellement dans la communauté des chercheurs : A. Michard nous dit en effet que « *La communauté scientifique actuelle dans son ensemble reconnaît une origine océanique aux ophiolites et admet que leur mise en place sur les marges continentales (obduction) se fait dans un contexte de subduction au sens large* ». Nous nous sommes attachée à retrouver les contraintes empiriques et les nécessités sur le modèle contraignant cette solution partagée. Les nécessités construites sont au nombre de trois.

• **Nécessité d'une formation des roches dans un contexte de dorsale océanique**

Certains « *prélèvements d'échantillons* », le « *prélèvement d'échantillons utiles pour faire du paléomagnétisme* » et l'« *étude des fossiles et des nanofossiles* » servent la nécessité d'une formation des roches. Nous remarquons qu'A. Michard ne nous parle pas explicitement de l'assemblage caractéristique de roches (serpentinites, gabbros, basaltes en coussins et roches sédimentaires). Peut-être est-ce sous-entendu dans les prélèvements

chez les
chercheurs...

d'échantillons. Il nous semble que le chercheur prend en compte cette contrainte dans ses investigations empiriques mais qu'il se positionne très vite au-delà de cette reconnaissance. Ceci est confirmé par la référence implicite aux basaltes utilisés pour faire du paléomagnétisme. En revanche, nous constatons un intérêt du chercheur pour les fossiles à toutes les échelles, de l'œil nu au microscope électronique. Les fossiles se trouvent dans les roches sédimentaires (radiolarites) associées aux roches magmatiques des ophiolites et dans les roches sédimentaires au sein desquelles ou sur lesquelles se trouvent les ophiolites. Il y a notamment des fossiles de faciès qui témoignent d'un milieu de vie particulier et permettent de reconstituer un paléoenvironnement.

• Nécessité d'un charriage de lithosphère océanique sur une marge continentale

...construction
de plusieurs
nécessités

C'est en rapport avec la nécessité d'un charriage qu'A. Michard nous donne le plus d'exemples de contraintes empiriques. Il y a les « *mesures de pendages* », la « *position des plans de schistosité et linéation* », la prise en compte « *des minéraux métamorphiques avec identification au microscope et à la microsonde* », le prélèvement d'« *échantillons orientés pour mieux comprendre les relations schistosité/métamorphisme* ». Tout se passe comme si la priorité était donnée à la compréhension des phénomènes tectoniques et métamorphiques en jeu dans ce contexte. Il est vrai que cette reconstitution est difficile, car quel que soit le type de massif ophiolitique ou plus globalement de formation d'une chaîne de montagnes, « *les processus de transformation de minéraux ou de création de structures n'ont pas été partout synchrones* » et qu'il y a à « *déjouer les pièges tectoniques tardifs qui cachent ce qui s'est passé* ».

• Nécessité d'un changement de régime des mouvements (passage d'un régime de divergence à un régime de convergence)

Cette troisième nécessité résulte des deux premières.

penser
un charriage
est toujours
difficile

En résumé, la problématisation de la mise en place des ophiolites par les chercheurs actuels se caractérise par la construction de trois nécessités dans le cadre théorique de la tectonique des plaques : la nécessité d'une formation conjointe des roches des ophiolites, celle de leur charriage sur une marge continentale et celle d'un changement de régime des mouvements des plaques. Les contraintes empiriques retenues sont nombreuses, diverses et sophistiquées, en ce sens qu'elles mobilisent un recueil et des moyens d'étude outillés. Nous notons la difficulté qu'ont les chercheurs à construire la deuxième nécessité. A. Michard nous rappelle d'ailleurs qu'« *historiquement, le concept de charriage s'est imposé avec difficulté. Il était encore discuté au*

début du *xx^e siècle* ». Et il ajoute qu'« *actuellement, certains chercheurs minimisent de tels déplacements* ». Nous interprétons la construction plus ou moins aisée des nécessités comme la marque de la mise en jeu des différents niveaux de l'actualisme précédemment définis.

**• Mise en jeu de l'actualisme de premier niveau
(actualisme d'analogie)**

chez les
chercheurs...

Par nombre de leurs caractères pétrologiques et organisationnels, les ophiolites rappellent la lithosphère océanique, maintenant bien connue grâce aux études sismiques et aux explorations sous-marines. Ainsi les figures de *pillow lavas* (laves en coussins) que présentent les basaltes sont aisément mises en comparaison avec des structures équivalentes produites de nos jours au niveau d'une dorsale océanique, par solidification d'un magma en milieu aquatique. Par analogie à une structure actuelle dont nous connaissons l'origine, puis grâce à une projection dans le passé, il est possible d'imaginer l'existence et le fonctionnement d'une dorsale ancienne : l'explication de la formation des roches des ophiolites met en jeu, sans difficulté, de l'actualisme d'analogie ou actualisme de 1^{er} niveau.

**• Mise en jeu de l'actualisme de deuxième niveau
(actualisme à temps long)**

...mise en jeu
des différents
niveaux
de l'actualisme

Le recours à l'*actualisme d'analogie* situe donc l'origine des ophiolites en milieu aquatique. Mais ce n'est pas dans un tel environnement que nous les trouvons : elles sont émergées et même souvent véritablement « perchées » au sommet de hautes chaînes de montagnes. Le problème est aussi d'expliquer cette position. Plusieurs solutions sont possibles : une régression marine postérieure à la formation des *pillow-lavas* (*hypothèse eustatique* qui consiste à envisager des mouvements du niveau marin) ou une surrection du fond océanique par le biais de mouvements de l'écorce terrestre (*hypothèse épirogénique* envisageant la montée de blocs crustaux ou *hypothèse orogénique et tectonique* mettant en jeu une construction de relief ou de structure). C'est l'hypothèse orogénique et tectonique qui est retenue par les scientifiques actuels, car il y a formation de reliefs mais également bouleversement de la disposition des formations rocheuses. Comment alors penser des mouvements faisant passer d'un fond océanique immergé à des ophiolites constituant des sommets de chaînes de montagnes ? Si l'on raisonne en actualiste, on recourt à un ou des processus actuels. Il est bien évident que l'on ne voit pas à l'échelle du temps humain des massifs se départir de l'eau qui les recouvre (régression marine) ou surgir jusqu'à atteindre une altitude élevée. Le géologue est conduit à penser de petites modifications dont la sommation sur une longue durée produit un grand effet. L'explication de la localisation atypique des ophiolites

construction
de la nécessité
du temps long,
producteur de
phénomène

emploie nécessairement l'actualisme de 2^e niveau (*actualisme à temps long*). La difficulté de son utilisation réside dans le fait que la nature actuelle n'offre que quelques images éparses (par exemple des zones de déformations compressives intra-océaniques) d'un film très long (l'obduction) que le géologue reconstitue mentalement.

La figure 4 présente l'espace des contraintes des chercheurs tel qu'on peut le construire en se basant sur les propos d'A. Michard. Dans le registre explicatif, nous plaçons les deux types d'actualisme. Leur mise en jeu, ainsi que la construction de la nécessité d'un temps long producteur de phénomène, distingue ce cas de problématisation historique d'une problématisation fonctionnaliste dans la dimension du temps humain.

3.2. Le problème des ophiolites du point de vue des lycéens

C'est à deux classes de première S que nous avons soumis le problème de la mise en place des ophiolites du Chenaillet. Deux documents ont été fournis aux élèves :

- une photographie du Chenaillet montrant un relief constitué de *pillow lavas* ;
- une coupe de la région présentant les différentes formations rocheuses et leur disposition ; cette coupe inclut le mont Chenaillet présenté sur la photographie (7).

Un petit texte complète ces documents. Il définit les ophiolites comme un assemblage de roches : basaltes, gabbros et serpentinites (roche dérivant de la péridotite) et il précise que les basaltes présentent des figures en coussins. Les laves en coussins ou *pillow lavas* sont les formes de refroidissement d'une lave basaltique en milieu aquatique. Des expéditions sous-marines ont filmé la production de telles structures au niveau de dorsales actuelles. Toutes les classes de première S auxquelles nous nous intéressons ont vu un court extrait d'un documentaire reprenant ces images. Quant à l'ensemble des roches ophiolitiques, il est comparable à celui d'un fond océanique actuel, dont l'organisation et la nature pétrologique sont connues des élèves. En fait, ce qui distingue les deux classes étudiées est en lien avec la tectonique : une classe ne dispose que d'une maîtrise des aspects globaux de la tectonique des plaques (accrétion, subduction, collision) ; l'autre dispose en plus de possibles tectoniques (plissements, failles) travaillés avant en classe. Notre réflexion s'appuie sur les productions écrites individuelles des élèves. Quelles nécessités construisent les élèves ? Quelle utilisation font-ils du principe méthodologique de l'actualisme ?

(7) Ces types de documents (notamment la coupe) sont relativement familiers des élèves. Ils ne doivent pas présenter de difficultés de lecture majeures.

On peut faire les deux constatations suivantes :

1) C'est aisément que les élèves de première S construisent la nécessité d'une formation conjointe des roches du Chenaillet. Tous reconnaissent dans les ophiolites un morceau de lithosphère océanique et expliquent ainsi la formation des différentes roches qu'on y trouve : l'*actualisme d'analogie* fonctionne bien.

2) En revanche, aucun élève n'entre dans la construction de la nécessité d'une obduction exigeant du temps long :

- Sans possible tectonique, les élèves font un recours marqué à l'*actualisme d'analogie*. Tout se passe comme si les lycéens multipliaient les analogies bien au delà de ce que font les chercheurs : comme ces derniers, ils réalisent des analogies de structures (*pillow lavas*, cortège de roches) ou de fonctionnement (le modèle de fonctionnement de la dorsale ancienne est celui d'une dorsale actuelle), mais ils s'écartent des scientifiques en reconnaissant dans le relief montagneux la forme d'une dorsale, et dans les failles qui hachent ce relief les structures distensives de la zone d'une dorsale. Les élèves se focalisent sur la formation des roches, dans un contexte environnemental pour partie immuable (fixité des reliefs et des conditions environnementales).
- Lorsque les élèves disposent de possibles tectoniques (plis, failles), leur explication prend en compte la formation des roches mais également leur position. Les solutions proposées se rapprochent de celles des chercheurs, mais nous remarquons que les élèves utilisent toutes sortes de possibles tectoniques pour obtenir l'organisation structurale du Mont Chenaillet. Prenons l'obliquité des formations rocheuses : certains élèves l'expliquent par des phénomènes de divergence, d'autres mettant en jeu de la convergence ; certains élèves la comprennent à une échelle locale, d'autres à une échelle globale. Tout se passe comme si les élèves se permettaient tout, sans règle ni contrôle. La production d'élève présentée sur la figure 3 l'atteste. L'élève propose, schémas à l'appui, une confrontation de deux parties de planchers océaniques. Elles sont de densité égale, ce qui empêche l'enfoncement de l'une sous l'autre. L'affrontement est tel qu'il provoque le plissement et la rupture des formations rocheuses : elles « *explosent* » et se réorganisent vers le haut à la manière des fleurs d'un bouquet.

les lycéens
se limitent...

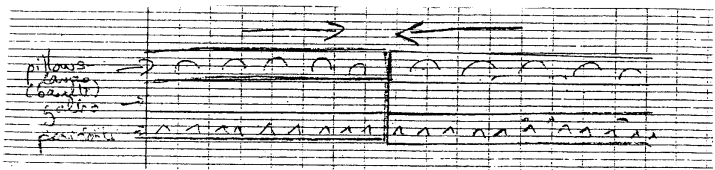
...à l'actualisme
d'analogie...

**Figure 3. Problème des ophiolites du Chenaillet :
la réponse d'un élève de première S**

" Le Mont Chenaillet observé comporte les 3 sortes de roches formant le plancher océanique, dans un ordre identique, sauf pour une couche de gabbro qui manque entre la péridotite et le basalte en coussins.

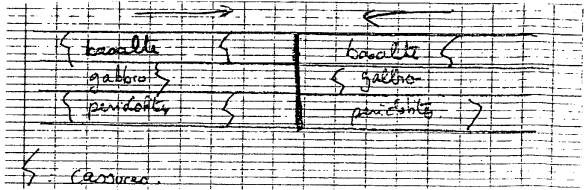
Vu la forme et la disposition des différentes strates, on peut penser qu'il y a eu modification dans la disposition de ces couches par un phénomène géologique...

Une confrontation entre deux parties de plancher océanique peut se dérouler ainsi :

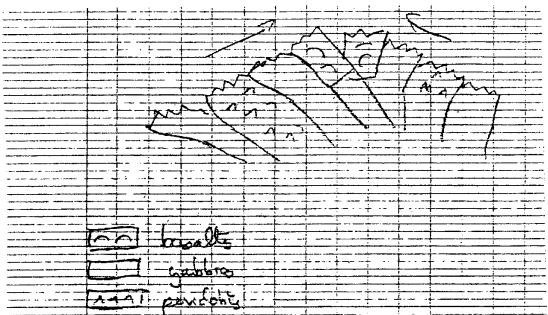


La confrontation des deux parties (de densité équivalente, puisque de même composition) crée des mouvements de compressions énormes (aucune ne passe dessus ou dessous l'autre).

Cette très forte compression fait onduler la roche petit à petit et provoque des cassures au niveau de chaque couche :



Les "blocs" brisés de chaque roche deviennent de plus en plus indépendants et le mouvement continu de compression les oriente alors plus facilement.



L'ordre reste celui du plancher mais peut aussi différer (voir gabbro de droite avec un mauvais emplacement).

L'érosion façonne les roches et forme la montagne lisse".

...et au
catastrophisme
simple

La tectonique des élèves est une tectonique de bricoleurs (C. Lévi-Strauss, 1962) : ils inventent avec les matériaux (fonds océaniques, plaques,...) et les outils dont ils disposent (rapprochement, écartement, affrontement, failles inverses, etc.) le montage du Chenaillet. Rien de la nature actuelle ne leur sert véritablement de référence, et la nécessité du temps long n'est pas construite. En d'autres termes, les élèves usent sans réserve du catastrophisme immédiat de 1^{er} niveau, et n'entrent pas dans une véritable construction de la durée des processus. Ils se contentent au contraire du temps de la « mise en histoire ».

Notons enfin que la nécessité d'un changement dans le régime de mouvement des plaques est construite par quelques élèves. Elle vient en conséquence de la construction de la nécessité d'une formation conjointe des roches en contexte océanique et de la nécessité de leur changement de position, mais semble indépendante de la construction du temps long créateur de phénomène.

La figure 5 fournit l'espace des contraintes d'un élève de la classe de première S n'ayant pas auparavant travaillé les possibles tectoniques (plissements, failles).

3.3. Conclusion

Le cas du problème historique des ophiolites met en jeu des phénomènes, c'est-à-dire des processus ayant une certaine généralité (volcanisme, tectonique, etc.). Sa construction, par la médiation du principe méthodologique de l'actualisme, s'apparente à une problématisation fonctionnaliste. Notre attention va maintenant se porter sur un autre cas de problème historique, où il est question de comprendre la survenue d'un événement historique. S.J. Gould insiste sur le rôle de la contingence dans la survenue des événements historiques : ce qui s'est passé aurait pu ne pas être. Or si, par l'actualisme, on arrivait à transformer totalement un problème historique en un problème fonctionnaliste, il n'y aurait pas de fonction particulière de la contingence dans les explications historiques.

4. DEUXIÈME EXEMPLE DE PROBLÉMATISATION HISTORIQUE EN GÉOLOGIE : L'ORIGINE DE LA VIE SUR LA TERRE

problématisation
historique
et construction
d'un événement

S. J. Gould alerte donc sur la complexité des événements et de leur production. Il met en avant le rôle de ce qui s'est fait avant l'événement étudié et accorde une place importante à la contingence. C'est cette réflexion sur la construction et la survenue des événements que nous tentons dans le cadre de l'explication de l'émergence de la vie sur la Terre. Comment

Figure 4. Problème de mise en place des ophiolites :
espace des contraintes d'un géologue

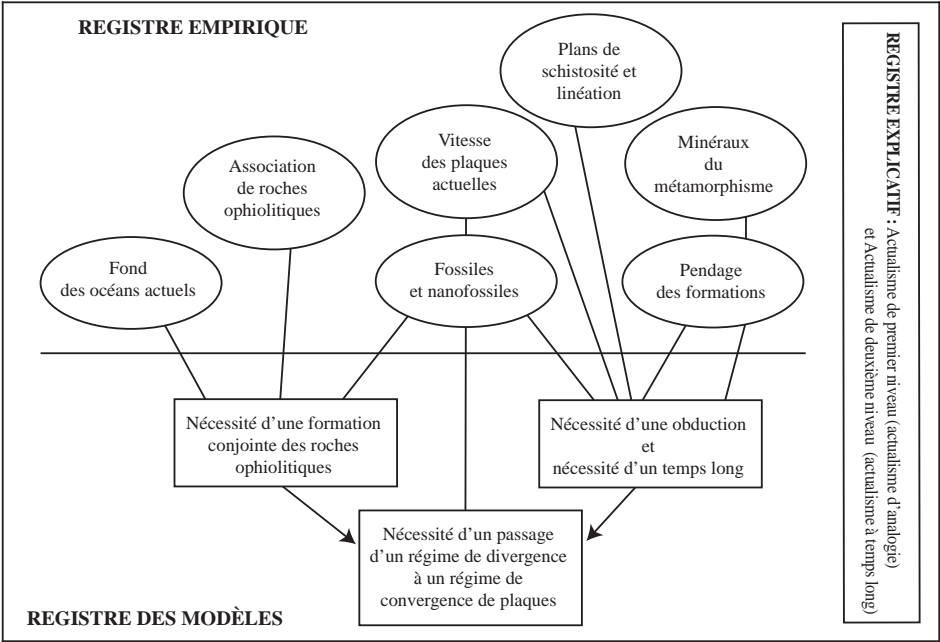
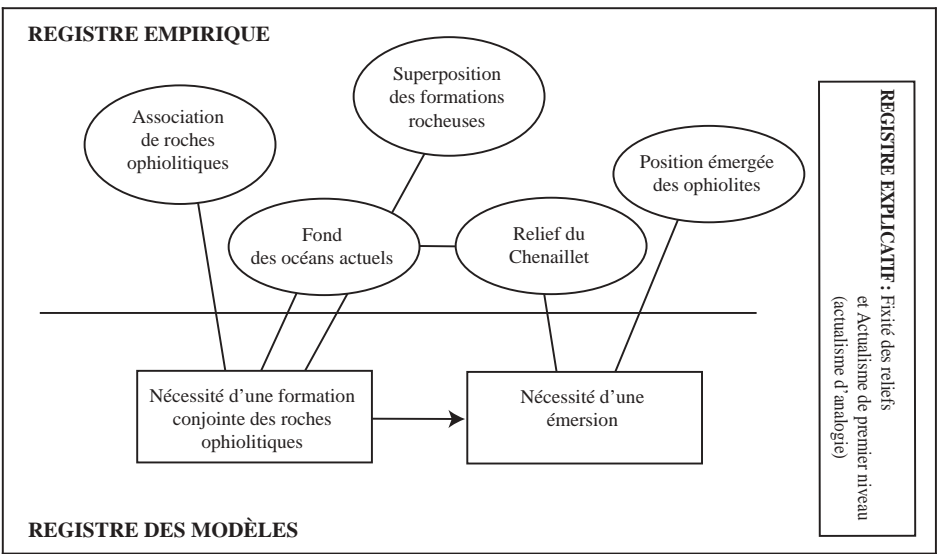


Figure 5. Problème des ophiolites du Chenaillet :
espace des contraintes d'un élève de première S



sont-ils construits ? Comment expliquer leur survenue ? Quelle forme donner aux explications et comment les prendre en compte dans la problématisation ?

4.1. Le problème de l'origine de la vie du point de vue des chercheurs

Les chercheurs actuels (comme le chimiste A. Brack qui nous a accordé un entretien en 2001 ; D. Orange Ravachol, 2003) comprennent l'origine de la vie terrestre comme un événement unique (ayant eu lieu à une seule période de l'histoire de la Terre) : elle s'est produite dans une fourchette de temps précise de l'histoire de la Terre, dans un contexte précis de la Terre primitive. En remontant l'histoire de la Terre, ils donnent à cet événement un caractère de nécessité dans le cadre évolutionniste où ils se placent : il y a forcément eu, à un moment donné de l'histoire de la Terre, apparition d'une vie terrestre ayant valeur d'ancêtre commun de toutes les formes actuelles et passées. En reprenant le cours de l'histoire de la Terre, ils confèrent à cet événement une certaine probabilité de se faire, certains le considérant même comme inévitable. Des scénarios moléculaires sont proposés, où le temps joue des rôles complexes, qualitativement et quantitativement. Ils sont autant de solutions dans un espace de contraintes dense et complexe. C'est ainsi que de nombreuses contraintes empiriques se situent au niveau moléculaire (composants des êtres vivants actuels, ribozyme, molécules organiques apportées par les météorites, etc.). Parmi les nécessités construites par des chercheurs comme A. Brack, citons notamment la nécessité d'un moment limité où l'apparition de la vie est possible, celle d'une première forme vivante particulière, celle d'un apport extra-terrestre de molécules organiques etc. Enfin, soulignons le degré d'élaboration du registre explicatif qui met en jeu l'actualisme dans ses deux niveaux mais également le matérialisme, l'évolutionnisme et le rejet de la panspermie.

construction
de la nécessité
de l'événement...

L'explication de l'origine de la vie est donc délicate :

- Il n'y a aucune trace directe de cette émergence.
- La possibilité de recourir à l'actualisme semble devoir être écartée globalement (événement unique). Pourtant il intervient, dans tous ses niveaux : *actualisme d'analogie* et de 2^e niveau pour se représenter les êtres vivants primordiaux, *actualisme d'analogie* de laboratoire (chimie prébiotique), *actualisme d'analogie* de terrain terrestre et extra-terrestre (repérage et étude des fumeurs noirs, exploration de planètes et de satellites naturels).
- Elle laisse la place à la contingence, ce qui la met dans un rapport particulier au temps. En effet, comme un certain nombre de chercheurs ne lui reconnaissent pas une probabilité de survenue totale, l'événement qu'est l'origine de la vie aurait pu ne pas être.

En résumé, il nous semble que la construction du problème de l'origine de la vie terrestre est l'objet d'un double enjeu : en faire un événement terrestre, par nature singulier dans le temps et l'espace, et non un phénomène, derrière lequel on chercherait des régularités ; établir les conditions de sa survenue en intégrant la contingence.

4.2. Construction et survenue d'un événement historique

...et mise en jeu de la contingence

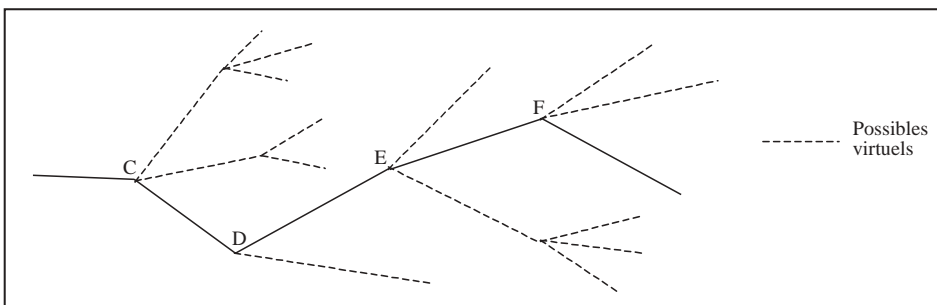
Lorsque S.J. Gould s'intéresse à la survenue d'un événement historique, il met en avant le rôle de ce qui s'est fait avant l'événement étudié. Il reconsidère les événements historiques dans une expérience de pensée qui consiste à rembobiner le film de l'Histoire et à le re-dérouler. Et il introduit la contingence : l'événement E (exemple : l'émergence de la vie terrestre il y a près de 4 milliards d'années) est contingent en ce sens qu'il dépend d'une séquence non déterminée d'états antécédents.

Prendre l'Histoire dans son cours, c'est se donner, à cause de la contingence, une infinité de parcours possibles et on n'est pas sûr d'obtenir la vie. Car à la place de chaque événement qui s'est produit, beaucoup d'autres auraient pu se faire. Tout se passe comme si le cours descendant de l'Histoire ouvrait sans cesse de nombreuses bifurcations, dont certaines nous échappent.

Parce que l'origine de la vie est prise comme un événement accompli, on recherche ses conditions de possibilités, vues comme des nécessités de l'Histoire ; mais à réemprunter le cours de l'Histoire, ces conditions ne sont que des conditions nécessaires mais pas suffisantes de sa survenue.

Le schéma de la figure 6 tente une représentation de la mise en jeu de la contingence selon S.J. Gould et de l'ouverture/fermeture des possibles de l'Histoire. Mettons en fonctionnement ce schéma avec l'exemple de l'émergence de la vie terrestre, événement noté E.

Figure 6. Contingence et possibles virtuels de l'histoire



construction
rétrospective...

...des nécessités
de l'Histoire

Nécessairement, l'événement E étudié est le résultat d'une seule chaîne événementielle antérieure : si E (l'émergence de la vie terrestre) s'est produit, c'est parce qu'un événement D s'est produit avant lui, événement D lui-même précédé des événements critiques (8) C, etc. Remonter l'Histoire, c'est prendre l'Histoire faite et il n'y en a eu qu'une. E ayant existé, cela veut dire que D, C, B et A ont nécessairement existé. En d'autres termes, E pris comme un résultat implique D. Dans notre exemple, si E est l'émergence des premières molécules auto-réplicatives, D serait la catastrophe biochimique ayant fait basculer d'un régime de réactions chimiques à un autre : on serait passé de réactions chimiques robustes, celles qui permettent la construction des briques élémentaires des premières molécules auto-réplicatives (et que la chimie prébiotique reconstitue) à une cascade de réactions chimiques conduisant aux premiers systèmes vivants. Mais D est seulement une condition de possibilité de E, de même que C est seulement une condition de possibilité de D, parce que si, après avoir « rembobiné » l'Histoire, nous la redescendons, il n'est pas sûr que nous obtenions le même film : D représente un point critique ouvrant vers de nombreux possibles. La survenue de D' au lieu de D aurait pu empêcher l'obtention de E ; et ce n'est pas parce que nous avons eu D (un changement de régime de réactions chimiques) que nous devons forcément obtenir E. En revanche, on voit que la survenue de E fait tomber une partie des possibles virtuels de l'Histoire envisagés pour D.

S.J. Gould marque donc la spécificité des sciences historiques par le fait qu'elles mettent en jeu la contingence. Au final, l'Histoire construite gagne et perd de son importance : elle en gagne parce qu'elle est unique ; elle en perd car elle est une parmi tant d'autres qui auraient pu exister. Les sciences historiques s'emploient à reconstituer les événements singuliers de l'Histoire, événements qui auraient pu ne pas se produire. Cela distingue la problématisation historique de la problématisation fonctionnaliste. Notons que pour le problème de l'origine de la vie, S.J. Gould (1991) écrit qu'elle fut quasiment inévitable compte tenu des conditions environnementales de la Terre primitive. Pour lui, ce côté inévitable ne tiendrait-il pas à la multiplicité des essais ? Ce serait alors un moyen de dépasser la contingence.

4.3. Le problème de l'origine de la vie du point de vue des lycéens

La communauté scientifique actuelle s'accorde pour dire qu'il n'y a pas toujours eu des êtres vivants sur la Terre et que leur apparition s'est faite il y a longtemps. Mais, de façon générale,

(8) « Critique » est ici pris dans le sens de : « ouvrant l'Histoire à plusieurs orientations ».

chez les lycéens... là s'arrêtent les ressemblances avec le point de vue de la plupart des lycéens. En effet, les chercheurs font de l'origine de la vie un événement nécessaire et relevant de nombreuses conditions dans le cadre évolutionniste où ils se placent. Les lycéens au contraire semblent banaliser l'origine de la vie : quand les conditions terrestres s'y prêtèrent, la vie est apparue ; ou encore ils l'esquivent au profit de l'histoire de la vie.

Prenant en compte ce constat, nous avons invité deux élèves de Seconde, Céline et Caroline, à un entretien (D. Orange Ravachol, 2003) visant à repérer des indices de leur problématisation. Cet entretien est déconnecté de l'enseignement (9). Mais il se passe après que nous avons demandé à tous les élèves de leur classe de préciser par écrit leurs conceptions sur l'origine de la vie. Céline et Caroline ont été choisies parce qu'elles pensent que la vie terrestre animale et végétale existe depuis toujours (ce que ne pensent pas les scientifiques) mais que l'une et l'autre ne construisent pas la même histoire de la biosphère. Pourquoi cette position, alors qu'elles savent que les scientifiques envisagent une origine ?

...des « mises en histoire »...

Dans l'entretien, Céline et Caroline disent rapidement les difficultés qu'elles ont à concevoir l'origine de la vie sur la Terre. Nous choisissons de les contraindre à y réfléchir. Voyons comment l'une et l'autre construisent ce problème :

Céline envisage une biosphère de tout temps fixe : par exemple, de tout temps, il y a eu des hommes, (Cé, 134) sur une Terre où la répartition des continents a changé mais qui a toujours ménagé des zones émergées (Cé, 307). Elle est fixiste « de force » : elle entend l'idée d'évolution mais elle ne peut se l'imaginer (Cé, 212) et elle est permanentiste « de force » : elle dit plusieurs fois sa difficulté à s'imaginer l'arrivée d'êtres vivants, mais aussi son impossibilité à trouver un début :

Cé(18)	<i>Y-a pas de début. Moi, j'arrive pas à le trouver le début (10), le point de départ, comment c'est venu.</i>
--------	--

Elle précise à notre demande sa façon de raisonner. Elle procède en remontant le temps :

Cé(20)	<i>Ben j'essaie de... C'est vrai que c'est assez compliqué. J'essaie de ve... de nous et puis de remonter un peu en arrière.</i>
P(21)	<i>Et tu trouves quoi, quand tu remontes ? Comme ça.</i>
Cé(22)	<i>Ben j'ai vraiment du mal à trouver quelque chose, en fait.</i>
P(23)	<i>Mais est-ce qu'il y a a... Est-ce qu'il y a des choses plus sûres que d'autres ?</i>
Cé(24)	<i>Ben...</i>
P(25)	<i>Quand tu essaies de remonter.</i>

(9) L'origine de la vie terrestre est abordée dans le cadre du programme de terminale S (1994, 2001).

(10) Surligné par nous.

Cé(26)	<i>Ben y-a des choses... Pour moi y-a toujours... les végétaux, oui je suis sûre qu'ils ont toujours été... enfin bon... enfin je suis sûre... Pour moi, ils ont toujours existé. Mais les animaux, je sais pas comment... Parce qu'il faut qu'il y ait une reproduction mais pour qu'il y ait une reproduction, faut déjà qu'il y ait... qu'il y ait eu... Faut toujours qu'il y ait quelque chose en fait ! Donc c'est vrai que c'est assez...</i>
P(27)	<i>Faut toujours qu'il y ait quelque chose...</i>
Cé(28)	<i>Faut, faut... C'est comme nous, pour qu'on ait, pour qu'on ait pu être là, c'est que derrière bon, y-a eu nos parents, tout ça... mais au début ? Y-a bien... Pour qu'on arrive ? C'est vrai que c'est assez...</i>

Et un peu plus tard :

Cé(34)	<i>Je trouve encore, tout le temps des personnes mais à un moment où bon, ben, il doit y avoir quelque cho... A un moment, ça doit s'arrêter...</i>
--------	---

...et une banalisation
des événements

Céline construit l'histoire de la biosphère dans une régression à partir de l'actuel, en recourant à son expérience d'Homme : reproduction sexuée où il est impossible d'avoir des enfants sans parents ; obtention de plantes à partir de graines placées dans de bonnes conditions. Mais ce recul ne l'éclaire pas puisqu'il la place devant un choix impossible : accepter une série illimitée plongeant dans l'infini ou penser un commencement. Cela peut être l'un comme l'autre. De plus, si elle peut envisager un démarrage simple des plantes, il n'en est pas de même des animaux. Confrontée au contingent et à l'impossible, elle s'en remet à la permanence de la vie.

Caroline parle d'une évolution des êtres vivants à partir d'une forme initiale simple. Elle se place dans un cadre évolutionniste lamarckien où des êtres microscopiques (bactéries) se transforment au cours du temps en êtres vivants plus gros, plus complexes, et même en êtres vivants aériens quand l'eau s'est raréfiée au point de faire apparaître des continents.

Ca(14)	<i>Ben, moi, j'ai, j'ai vu des émissions mais je sais pas si c'est la vérité mais en fait c'était sous forme de bactéries au départ et... ben... ben... elles ont grandi quoi en fait et voilà, quoi, mais je sais pas si c'est vrai...</i>
--------	---

Plus tard dans l'entretien, elle précise :

Ca(187)	<i>Oui, enfin je sais pas mais... Ben c'est ce que j'ai vu à la télé donc c'est ce que j'ai pensé. Mais, je sais pas, sous forme de bactéries quoi en fait puis en fait après sont devenues des poissons et comme par exemple les ... j'ai vu dans un musée les amphibiens tout ça puis après comme y-avait moins d'eau, ils sont venus sur terre et ben voilà mais je sais pas si...</i>
---------	---

Contrairement à Céline, Caroline raisonne en descendant l'histoire de la vie, dans une sorte de métamorphose des êtres qui introduit de la complexité et qui néglige le temps. Mais elle est désarmée quant à l'origine des bactéries.

La discussion entre les deux élèves montre la prise en compte par Caroline d'arguments avancés par Céline. Céline dit que les végétaux seraient issus de graines ce qui conduit Caroline à remettre en cause l'origine bactérienne qu'elle leur donne – « j'avais marqué que c'était pareil [que les animaux],

mais en réfléchissant, c'est peut-être, oui c'est peut-être, son idée n'est peut-être pas mauvaise non plus » (Ca, 225) – et à fonctionner comme Céline, en se référant à ce qu'elle connaît de la germination actuelle (actualisme d'analogie).

Nous comprenons de tout cela que Caroline n'adhère pas fermement à une origine bactérienne et à une évolution des végétaux. Cependant, et comme Céline, elle a du mal à concevoir une origine végétale à partir de rien et elle dit l'impossibilité qu'ont les animaux à se maintenir sans végétaux (Ca, 157, 159).

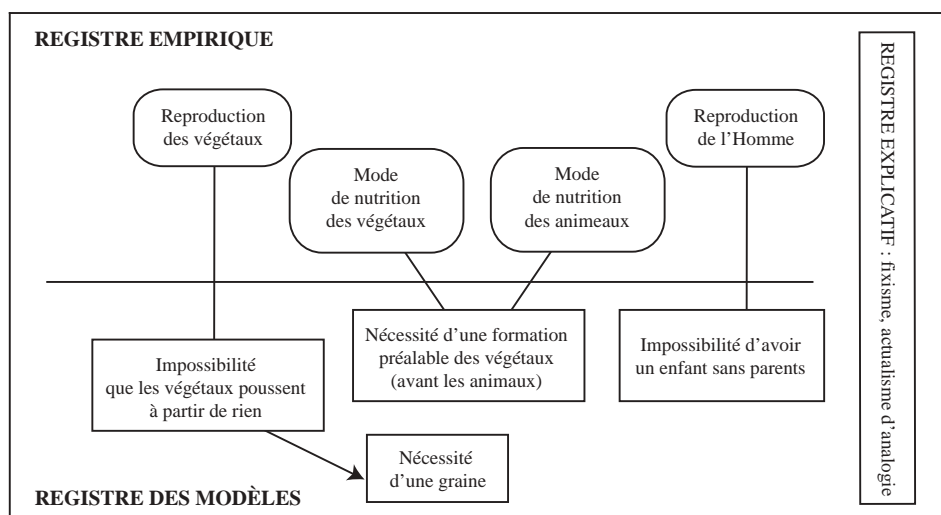
4.4. Comparaison de la problématisation des chercheurs et de celle des lycéens

solutions
comparables...

...problématisations
différentes

Comme pour le problème des ophiolites, la mise en comparaison élève/chercheur attire l'attention sur le côté trompeur de solutions d'élèves conformes au savoir actuel. Dans un contexte problématique donné, l'élève pense parfois les bonnes solutions, mais il n'est pas sûr qu'il soit entré dans une problématisation comparable à celle des chercheurs. Pour le problème de l'origine de la vie, Caroline envisage un commencement avec des formes simples, une solution proche de celle des chercheurs et, comme eux, elle mobilise l'évolution des êtres vivants. Pourtant, sa problématisation de l'origine de la vie est faible à cause du peu de contraintes identifiées. Quant à Céline, ses conceptions paraissent plus éloignées de celles des chercheurs mais elle les tient mieux du fait d'une certaine épaisseur du registre empirique. La figure 7 fournit une reconstitution de l'espace des contraintes de cette élève confrontée au problème de l'origine de la vie sur la Terre.

Figure 7. Problème de l'origine de la vie : espace des contraintes d'une élève de Seconde



freins
à la problématisation
historique

4.5. Conclusion

Dans la problématisation historique, il peut y avoir construction d'événements nécessaires par les conséquences qu'ils ont laissées. C'est dans une remontée de l'Histoire que sont donc construites les nécessités historiques. Mais, à redescendre l'Histoire, on ne peut que respecter l'incertitude de l'événement et de l'avenir. La tendance à la « mise en histoire » simple respectant le cours de l'histoire comme le fait Caroline est un frein à la problématisation historique. Il en est de même d'une itération régressive à partir de l'actuel gouvernée par des postulats de la pensée commune, comme s'y emploie Céline.

5. CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de cette étude, sans prétendre avoir épuisé la réflexion, nous pouvons tenter un état des lieux de notre avancée dans la connaissance de la problématisation en *sciences de la Terre* et pointer les aspects problématiques pris en charge par nos recherches actuelles.

5.1. Problématisation fonctionnaliste et problématisation historique : une distinction pertinente ?

La problématisation historique a pour partie les caractéristiques d'une problématisation fonctionnaliste et pour partie des caractères propres, à savoir la construction des nécessités de l'histoire faite.

deux formes
de problématisation
proches...

En effet, c'est fondamentalement le principe méthodologique de l'actualisme dans ses deux niveaux (11) qui ramène la problématisation historique dans le champ de la problématisation fonctionnaliste. Sa mise en jeu est plus complexe qu'il n'y paraît : la distinction que nous avons faite (actualisme de premier niveau ou *actualisme d'analogie* et actualisme de deuxième niveau ou *actualisme à temps long* mettant en jeu un temps long constructeur de phénomène) est une façon d'entrer dans sa complexité. Nos investigations montrent comment il participe à la construction de phénomènes historiques nécessaires, notamment ceux que l'Homme ne perçoit pas dans l'espace du temps humain.

Il apparaît d'autre part dans l'état de nos recherches, que c'est par la prise en compte de la contingence et par la construction de nécessités événementielles rétrospectives que la problématisation historique se distingue de la problématisation fonctionnaliste. Ces nécessités sont construites dans

(11) Et le catastrophisme de deuxième niveau.

une sorte de causalité inverse. La remontée dans l'Histoire construit des événements historiques ayant valeur de nécessité par les conséquences qu'ils ont laissées (l'effet rend nécessaire certaines de ses causes). Mais à redescendre le temps, l'historien ne peut que respecter l'incertitude de l'événement et de l'avenir.

La distinction entre problématisation fonctionnaliste et problématisation historique, somme toute indissociables en géologie, a donc une fonction heuristique : elle met en valeur la diversité des nécessités construites (nécessités sur le modèle, nécessité du temps long, nécessité de l'Histoire) ; elle ouvre sur une étude de la tension dialectique événement/phénomène et sur un questionnement de la singularité toute relative de l'événement.

5.2. Difficultés des lycéens à problématiser en géologie

C'est dans le cadre d'un problème fonctionnaliste (le volcanisme des zones de subduction) et de deux problèmes historiques (la mise en place des ophiolites et l'origine de la vie sur la Terre) que nous avons étudié les caractères de la problématisation des lycéens. Où sont les sources d'écarts avec les chercheurs ? Où sont les principales difficultés des lycéens ?

Dans leur tendance à recourir à l'actualisme méthodologique de premier niveau (*actualisme d'analogie*) et dans le catastrophisme de premier niveau (mise en jeu d'une cause ad hoc brutale, qui est soit une cause actuelle plus forte, soit une cause sans équivalent actuel).

Dans leur tendance à expliquer sous la forme de « mises en histoire ». Cette manière de faire constitue un véritable obstacle à la problématisation en géologie : elle empêche notamment la construction de la nécessité du temps long producteur de phénomène et, en banalisant la notion d'événement, elle empêche la construction des nécessités historiques.

Nous poursuivons des approfondissements théoriques et didactiques, notamment en matière d'argumentation et de débats scientifiques, sur les conditions pour l'élève d'un dépassement de certaines formes de mises en histoire et d'une construction de véritables espaces de contraintes dans les problèmes géologiques.

Denise ORANGE RAVACHOL
IUFM des Pays de la Loire
CREN université de Nantes
denise.orange@paysdelaloire.iufm.fr

...mais qu'il
faut distinguer

dépasser
la mise en histoire
simple
et le catastrophisme
simple

BIBLIOGRAPHIE

- BOURNERIAS, M., POMEROL, C., & TURQUIER, Y. (1984). *La Manche du Havre à Avranches*. Neuchâtel-Paris : Delachaux & Niestlé.
- CANGUILHEM, G. (1983). *Étude d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Vrin.
- FABRE, M., & ORANGE, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 28-38.
- GOHAU, G. (1997). Naissance de la méthode « actualiste » en géologie. In GOHAU, G., (dir.), (pp. 139, 149). *De la géologie à son histoire*, CTHS.
- GOULD, S.-J. (1991). *La vie est belle*. Paris : Seuil.
- GOULD, S.-J. (1999). La paléontologie : une fiction de nos origines. In *Qu'est-ce qu'on ne sait pas ? Les rencontres philosophiques de l'UNESCO*. Paris : Découverte Gallimard.
- HOOYKAAS, R. (1970). *Continuité et discontinuité en géologie et biologie*. Paris : Seuil.
- JACOB, F. (1981). *Le jeu des possibles*. Paris : Librairie Fayard.
- LEVI-STRAUSS, C. (1962). *La pensée sauvage*. Paris : Plon.
- MARTINAND, J.-L. (1992). Présentation. In *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. (pp. 7, 22). Paris : INRP.
- NICOLAS, A. (1990). *Les montagnes sous la mer*. Orléans : BRGM.
- ORANGE, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie*. Paris : PUF.
- ORANGE, C. (2000). *Idées et raisons*. Mémoire de recherche pour l'H.D.R. Université de Nantes.
- ORANGE, C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les Sciences de l'éducation-Pour l'ère nouvelle*, 35 (1), 25-42.
- ORANGE RAVACHOL, D. (2003). *Utilisations du temps et explications en sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques*. Thèse de Doctorat. Université de Nantes.
- ORANGE, D. (2003). Tendance à la « mise en histoire » par les élèves de lycée en sciences de la vie et de la Terre : étude de deux cas. In *Actes des 3^e Rencontres Scientifiques de l'ARDIST*. (pp. 239, 246). Toulouse.
- VEYNE, P. (1971). *Comment on écrit l'histoire*. Paris : Seuil.

PROBLÉMATISATION ET CONCEPT DE PARADIGME APPROCHE ÉPISTÉMOLOGIQUE, PSYCHOLOGIQUE, SOCIOLOGIQUE

Guy Rumelhard

Si l'on adopte le concept de paradigme élaboré par Kuhn et très largement admis par les scientifiques eux mêmes, la pensée scientifique s'exerce, à un moment précis du travail, dans un contexte donné, à l'intérieur de contraintes qui déterminent les problèmes qui méritent attention. Le paradigme délimite également le jeu des possibles dans la recherche de solutions. La pratique pédagogique qui consiste à demander aux élèves de formuler des problèmes devrait donc tenir compte de ce concept. Les élèves pensent dans un espace-temps culturel déterminé mais le plus souvent latent, qui guide, sans que ce soit toujours dit, le choix et la formulation de ces problèmes.

le paradigme

Le terme de paradigme est devenu d'un emploi extrêmement courant dans les « discours » sur les sciences. Son importation depuis la grammaire dans le vocabulaire de l'épistémologie des sciences en a modifié le sens mais son extension souvent très large a rendu sa compréhension incertaine. Nous allons tenter de la cerner.

Si, bien souvent, la pensée scientifique s'exerce à l'intérieur d'un paradigme qui trace les limites du jeu des possibles à un moment donné, la pratique pédagogique qui consiste à demander aux élèves de formuler des problèmes doit donc tenir compte de ce concept. Le paradigme définit de manière latente et non pas explicite les questions pertinentes à un moment donné dans un contexte donné, « *les problèmes qui méritent l'attention des scientifiques* » (B. Latour, 1996).

1. PARADIGME : DÉFINITIONS

un concept
à grande extension

La nouvelle habitude, pour étudier le sens d'un mot, consistant à interroger en premier lieu Internet, on peut tout d'abord signaler que Google proposait dix-neuf pages comprenant au total cent-vingt références francophones le jour où la recherche a été faite. Il faudrait aussi interroger les références en langue anglaise puisque Thomas Kuhn, qui a lancé ce terme ancien en épistémologie des sciences en 1970, est américain. Reste à l'internaute averti à faire le tri entre les sens admis par les diverses disciplines universitaires et les élucubrations personnelles qui n'ont aucune garantie de sérieux. Cette abondance souligne au moins la grande popularité de ce terme et la grande extension de son emploi ce qui favorise une forte polysémie sinon même un flottement ou un flou total. Un biologiste, historien des sciences qui y fait appel précise qu'il « *a utilisé le terme de paradigme dans un sens simple,*

un exemple type

sans s'embarrasser des nombreuses controverses qui ont suivi son "invention" par Thomas S. Kuhn » (M. Morange 1994). Pour cet auteur, qu'apporte réellement l'usage de ce terme ? Dans l'exemple, que nous développerons plus loin, il s'agit de la désignation d'un accord temporaire entre biologistes sur une meilleure méthode d'approche pour comprendre le phénomène de la transformation cancéreuse.

Les dictionnaires classiques proposent plusieurs significations admises et utilisées :

- Dans le domaine de la grammaire le terme existe depuis 1561 comme nom masculin emprunté au latin *paradigma* (provenant du grec *paradeigma*) et il signifie proprement « exemple » (*Dictionnaire étymologique de la langue française*, 1968).
- Grammaire : mot-type qui est donné comme modèle pour une déclinaison, une conjugaison.
- Linguistique (1949) : ensemble des termes qui peuvent figurer en un point de la chaîne parlée, axe de substitution.
- Figure littéraire : ensemble de notions, de réalités ayant un sémantisme commun (synonymes, contraires, etc.) (*Grand Robert de la Langue Française*, 1985)
- Épistémologie : conception théorique dominante ayant cours à une certaine époque dans une communauté scientifique donnée, qui fonde les types d'explication envisageables, et les types de faits à découvrir dans une science donnée (*Trésor de la langue française*, 1986).

un cadre
de pensée...

Thomas Kuhn (trad. 1972) qui lance ce mot dans son livre intitulé *La structure des révolutions scientifiques* le définit ainsi : « nous entendons par *paradigme* une sorte de métathéorie, un cadre de pensée, à l'intérieur duquel un consensus est réuni pour définir les questions pertinentes qui orientent les expériences à faire, et qui définissent la science "normale", jusqu'à ce qu'un changement intervienne, qui plus qu'une théorie, est un changement total de perspective ». En fait, dans les nombreuses éditions successives de son livre, il a tenté de répondre à de nombreuses objections, introduisant lui même une certaine confusion. Plutôt que de revenir à la définition initiale on est donc conduit à examiner les usages qu'en font les historiens des sciences, mais aussi les scientifiques eux mêmes.

...implicite

Ainsi, Henri Atlan (1999), biophysicien, oppose l'ancien paradigme du programme génétique aux nouveaux paradigmes de l'émergence et de la complexité et parle d'un « ensemble d'idées, de conceptions, qui forment un cadre de pensée à l'intérieur duquel on pense, on imagine et on planifie les expériences, on interprète les résultats, on élabore des théories ».

Par contre son utilisation en histoire des sciences fait hésiter entre une signification essentiellement psychologique, une signification sociologique une signification institutionnelle et une signification réellement épistémologique. Mais l'importance médiatique d'un concept vient peut être de la somme des contre sens que l'on peut faire à son sujet. Les débats et les

polémiques favorisent les oppositions spectaculaires et maintiennent son auteur sur le devant de la scène. Ils ne favorisent pas le travail intellectuel.

2. APPROCHE ÉPISTÉMOLOGIQUE DU PARADIGME

un concept
normatif

Chez Kuhn le concept associé à paradigme est celui de *science normale*. Nous serions donc en présence d'un concept d'*épistémologie critique*. Normal, au sens fort du terme, suppose une *norme* à respecter qui exerce une régulation *a priori* et surtout *a posteriori* de l'activité des scientifiques. Ainsi Gaston Bachelard pose en principe que le savoir scientifique est un savoir vrai car il obéit à certaines procédures (certaines normes) de validation. Ces procédures sont à inventer dans chaque situation et ne peuvent être énoncées *a priori* une fois pour toutes. L'un des critères *a posteriori* est précisément la capacité de développement, de progrès du savoir contenu dans certains concepts scientifiques. Le savoir construit et confronté aux observations ne constitue cependant pas une vérité éternelle universelle. Il est donc également *normé* par sa propre *rectification*.

un moment
de consensus

La position de Kuhn consiste à trouver dans ces périodes de *science normale* un caractère positif, sinon même une condition de possibilité du progrès des découvertes. La résistance au changement a son utilité pendant un temps. Elle garantit que les scientifiques ne seront pas dérangés sans raisons. Il serait illusoire de croire chercher sans paradigme. La recherche ne peut se passer de ces moments de consensus qui s'appuient sur des observations et des arguments rationnels et aussi sur une part de croyance. Mais les paradigmes se déposent les uns les autres, et il se pose alors la question des modalités de ce changement. G. Bachelard proposait les concepts d'obstacle épistémologique et de rupture (ou de révolution). Georges Canguilhem (1977) nuancait en supposant non pas une rupture brutale unique, mais de nombreuses ruptures successives souvent inaperçues. En fait Kuhn ne reconnaît à la science normale qu'un mode d'existence empirique *comme fait de culture*. Le paradigme c'est un choix d'usagers. Le normal ce n'est pas le normatif mais le commun, l'habituel sur une période donnée, pour une collectivité de spécialistes dans une institution universitaire ou académique. Sa position est bâtarde et Kuhn méconnaît la rationalité spécifiquement scientifique.

un fait de culture

L'explication est plus psychologique ou sociologique qu'épistémologique. Le groupe scientifique, c'est d'abord le lieu d'apprentissage en commun d'une grille inconsciente de lecture du monde avant d'être l'institution qui défend bec et ongle, pour des raisons sociologiques, la sphère de pouvoir qu'elle quadrille. Mais alors comment expliquer les changements de paradigme ?

S'il s'agit de croyance, même au sens faible du mot, le changement est une conversion.

S'il s'agit de psychologie on se demande si les processus rationnels peuvent toucher et modifier les processus inconscients ? Surtout si cet inconscient scientifique est renforcé en permanence par des pratiques collectives, sociales et institutionnelles.

Parler de processus latents volontairement masqués peut conduire à identifier certains aspects des paradigmes avec le concept d'idéologie. Le concept de paradigme serait alors un moyen nouveau et plus complexe de penser la notion d'idéologie dominante, donc de penser les rapports entre savoir, culture sociale et politique.

de la philosophie...

...dans la science

Dominique Lecourt (1993 p. 35-36 ; 87-102) analyse la *révolution scientifique* proposée par le livre de Ilya Prigogine et Isabelle Stengers intitulé « *La nouvelle alliance : Métamorphose de la science* » (1979). C'est selon leurs auteurs un nouveau modèle pour la pensée scientifique, ou, dans un vocabulaire emprunté à Thomas Kuhn, un nouveau paradigme. Pour Dominique Lecourt cette « *philosophie de la nature* » cette « *nouvelle alliance* » qui réconcilie l'homme et la nature n'est pas nouvelle. Il faut y voir la résurgence, sous forme d'un positivisme inversé, de thèmes anciens développés en particulier par F.W. Schelling (1797). En d'autres termes on découvre la présence de thèmes philosophiques au cœur de la recherche fondamentale. Selon Dominique Lecourt, « *Gérald Holton propose la présence récurrente de "thémata" qui structurent les efforts d'invention* » et Thomas Kuhn propose la notion équivoque de paradigme, tandis que Ludwig Wittgenstein avait auparavant parlé de « *gonds autour desquels tourne la pensée d'une époque* ».

une présence latente

Selon G. Canguilhem (1978) « *les analogies ou modèles ne se présentent pas d'eux mêmes. Ils sont choisis. Et l'inspiration de leur choix rend sensible la présence latente de valeurs paradigmatiques, de schèmes d'aperception collectifs, caractéristiques d'un espace-temps culturel déterminé* ». Mais c'est Michel Foucault (cité par G. Canguilhem 1977 p. 86) qui en donne le meilleur exemple. « *Ce schéma recteur – pour ne pas dire ce paradigme – rend compte de ce qu'on peut nommer avec Michel Foucault, les "régularités énonciatives" d'une époque ou l'objet de l'économie, comme chez Ricardo, l'objet de la physiologie, comme chez Magendie, sont des systèmes sur lesquels l'histoire et ses aléas n'ont pas de prise* ».

3. APPROCHE SOCIOLOGIQUE DU PARADIGME

Cette science normale peut être regardée, négativement, comme une dogmatisation temporaire, une sorte d'inertie intellectuelle, une sclérose de la réflexion liée à l'âge des chercheurs mais aussi au maintien de positions de pouvoir face à des remises en cause

intellectuelles qui risquent de s'accompagner de remises en cause de positions dominantes, de postes, et de crédits. On est alors conduit à rechercher les divers processus purement négatifs de dogmatisation (G. Rumelhard 1979) qui se révéleront à la longue comme des obstacles à l'avancée de la recherche (généralisations abusives, métaphores non contrôlées, arguments d'autorité, fonctionnement fortement institutionnel des collectivités scientifiques).

séduction de
cette épistémologie...

C'est certainement ce qui a fait la séduction de l'épistémologie kuhnienne. On comprend qu'elle ait trouvé un large écho chez les chercheurs eux mêmes dans la mesure où ils pouvaient retrouver avec humour, ironie ou amertume une description du fonctionnement ordinaire sinon normal de leurs laboratoires et de la soit-disant communauté des chercheurs qui ressemble souvent à une jungle. La science normale est faite de concurrence acharnée entre laboratoires, de liens entre clientélisme et choix de programmes de recherche, de liens entre la foi dans une hypothèse et la survie d'un groupe. On voit mal comment introduire cette dimension du travail scientifique dans un enseignement de lycée.

soutenue par
des représentations
sociales

On peut aussi imaginer, que tel paradigme, par exemple le concept de *programme génétique* qui a eu un rôle moteur à un moment de la recherche mais qui est actuellement unanimement remis en cause, favorise, par les représentations sociales qu'il soutient, l'attribution de crédits pour la mise en œuvre d'un programme de recherche sur le génome humain. Il est alors entretenu pour des raisons idéologiques volontairement masquées. C'est certainement le cas du concept de *programme génétique*. Cette vision sociologique n'est pas au cœur de la pensée initiale de Kuhn, mais elle a été comprise dans ce sens et elle peut expliquer la persistance de certains paradigmes par delà leur remise en cause dans le groupe des scientifiques.

Cette position n'a aucun intérêt pour l'enseignement des sciences, en particulier pour analyser certaines difficultés d'assimilation des élèves.

Pour mieux cerner ces divers sens et conformément au sens premier du mot paradigme, commençons par analyser des exemples en biologie, pour tenter d'en extraire une signification commune. On remarquera que T. Kuhn prend ses exemples en physique, et qu'il n'est pas le seul à avoir tenté de conceptualiser cet ensemble de questions.

4. ANALYSE D'EXEMPLES

4.1. Immunologie

Selon Anne-Marie Moulin (1991 et 1995) l'immunologie est une science aux trois paradigmes. « *L'immunologie n'a pas connu de révolution scientifique équivalente de la théorie de la gravitation newtonienne ou de la relativité en physique. Mais*

trois paradigmes :

elle a vu, au cours de ses cent ans d'existence se succéder au moins trois paradigmes centraux : le paradigme défensif, le paradigme sélectif et le paradigme cognitif. Chaque nouveau paradigme s'accompagne d'un agrandissement du domaine », mais aussi d'un déplacement depuis la pratique médicale vers la biologie théorique. Plus exactement ces trois paradigmes ne se succèdent et ne se supplantent pas véritablement. Ils coexistent même au niveau de la recherche et fournissent dans des chapitres différents des grilles de lecture qui ne s'excluent pas. Au niveau de la vulgarisation et des représentations sociales médicales le premier paradigme semble définitivement indépasseable.

• Premier paradigme

une représentation du mal

Concernant le premier paradigme son point de départ est constitué par le couple organisme/agent pathogène que soutient la métaphore guerrière de l'attaque et de la défense. Dès 1943 G. Canguilhem (1966 p. 12) avait noté que « *la théorie microbienne des maladies contagieuses a dû certainement une part non négligeable de son succès à ce qu'elle contient de représentation ontologique du mal* ». De plus cette représentation est optimiste car en désignant, en nommant, en objectivant par des observations et des cultures et en localisant un être vivant pathogène elle ouvre la possibilité d'une action curative (médicaments, antiseptie, sérothérapie) et même préventive (asepsie, vaccination). En 1969, Claudine Herzlich dans un travail de psychologie sociale réalisé à partir d'enquêtes soulignait le caractère « *inconsciemment déculpabilisant* » de cette représentation d'une atteinte externe à l'individu. Le concept de soi et de non soi tel qu'il est vulgarisé reste dans ce paradigme de l'attaque/défense. Inversement la réussite du pastorisme a renvoyé au second plan l'approche épidémiologique qui trouvait un écho chez les hygiénistes en faisant jouer un rôle aux facteurs de risque de type socio-politiques (pauvreté, condition d'habitat, d'hygiène...). Cette représentation existe de manière latente chez les élèves et guide des formulations de problèmes selon la métaphore de l'attaque et de la défense (Rumelhard, 1990).

un paradigme opératoire

Un premier agrandissement du domaine d'étude passe presque inaperçu dans l'enseignement. En 1898 Jules Bordet déclenche des réactions immunitaires avec des cellules apparemment inoffensives : les globules rouges. Il ne s'agit donc plus de pathologie, même si les transfusions et plus tard les greffes d'organes sont faites dans l'intention de soigner. Par la suite le concept d'antigène prend un essor quasi illimité. La plupart des molécules, dans certaines circonstances appropriées, peuvent provoquer une réaction immunitaire. Voilà un paradigme opératoire qui ouvre un champ de travail immense. Le concept journalistique de « *self, not self* », mal traduit par « *soi/non soi* », s'inscrit de manière erronée dans ce paradigme (Jacques Dewaele 1993).

• Deuxième paradigme

connaître
et être reconnu

Le deuxième paradigme, nommé « *paradigme sélectif* », nous fait quitter le domaine proprement médical pour installer l'immunologie au cœur de la biologie dont elle partage les grandes options darwiniennes. L'antigène se borne à sélectionner des structures préexistantes, molécules, ou cellules. La génétique offre une combinatoire illimitée d'immunoglobulines qui forment des anticorps, des marqueurs de surface des cellules, ou des récepteurs. Mais les discussions sur l'évolution des vivants restent bien souvent à la marge de l'enseignement et sont vulgarisées en termes néolamarckiens qui semblent plus facilement acceptés par le public.

• Troisième paradigme

construire
les notions...

Le troisième paradigme, nommé « *paradigme cognitif* », met au premier plan le fait que les antigènes doivent être reconnus et déchiffrés dans un contexte particulier (celui des cellules infectées par un virus par exemple). Le rapprochement avec le système nerveux a conduit à proposer, par analogie, les termes de cerveau mobile, de détecteurs mobiles, d'effecteurs mobiles, de médiateurs (cytokines) qui agissent à faible distance ou sur la cellule sécrétrice elle-même (sécrétion paracrine ou autocrine). Le langage des cellules emprunte au vocabulaire de la communication et à l'idéologie de la coopération cellulaire. L'ensemble des molécules et des cellules forme un système non seulement anatomique, mais fonctionnel, et plus précisément un réseau. Ce concept de réseau proposé par Niels Jerne dès 1975 ne prend que lentement de l'importance en fonction de ses applications thérapeutiques. Il est absent de l'enseignement et de la vulgarisation. Ici encore, pour des raisons de recherche de crédits, d'intéressement des décideurs, la biologie générale ou théorique est mise au second plan. Cette unification puissante des systèmes nerveux, endocriniens et immunitaires offre un nouveau domaine de recherches. Mais faut-il commencer l'enseignement par cette présentation unifiée ? Des raisons pédagogiques peuvent conduire à proposer de construire d'abord séparément ces divers concepts avant de les unifier.

...puis les unifier

• Paradigme et représentation sociale

Au cœur du premier paradigme se situe le concept de *vaccination* qui a joué un rôle moteur important dans la recherche. S'appuyant au départ sur une observation empirique chez l'homme (variole) puis chez la vache (vaccine), il est devenu avec Pasteur un immense programme de travail. La variole constitue un « *modèle royal* » (Anne-Marie Moulin, 1996) à la limite du mythe. La rationalité vaccinale ne présente pas, loin s'en faut, une figure unique, mais multiple, réfractée dans la géographie et l'histoire. Par ailleurs, dès le début, elle n'est pas uniquement préventive, mais également curative, sinon même immunostimulante de manière générale. La métaphore de la vaccine

un concept
en attente

choisie par Pasteur, bien qu'il n'ait jamais travaillé sur ce virus, s'est révélée extraordinairement heureuse. Son idée d'atténuation générale possible des virus et le fait de la non récurrence des maladies virulentes relève plus de la *croyance* que de l'hypothèse raisonnable. Pasteur ne souligne pas *l'absence de théorie véritable* sous-tendant le succès d'une méthode qui restait empirique. Le programme de Pasteur reposait plus sur une métaphore que sur un concept. L'immunité ne figurait que comme un « *concept en attente* » pour reprendre l'expression de G. Canguilhem, dont le contenu restait à définir. On ne doit pas pour autant oublier les accidents mortels imprévisibles dus à la vaccination contre la rage. La diffusion de la vaccination sous forme de règles, de lois, d'obligations, d'interdictions, d'institutions, mais aussi d'utopie médicale d'une prévention idéale rendent sa remise en cause à peu près impossible au niveau social. Il suffit de lire les réactions (1) au projet actuel de supprimer le vaccin du BCG.

• *En conclusion*

On trouve donc sur cet exemple beaucoup, sinon toutes les caractéristiques d'un travail de recherche en biologie.

- Extension audacieuse et aventureuse à partir d'un exemple qui se révèle *a posteriori* très particulier.
- Observations empiriques généralisées abusivement.
- Erreurs dramatiques.
- Rationalités conceptuelles liées à des expériences méthodiques.
- Théories et croyances qui ouvrent et guident un programme de travail réellement opératoire couronné par des succès thérapeutiques.
- Diffusion sociale d'idées et de résultats qui rencontrent le soutien des mythes, des utopies, des idéologies de l'inconscient collectif, des nécessités et des contingences matérielles et financières de la production pharmaceutique industrielle.
- Cet ensemble exerçant en retour, sous la pression de ses succès, une forte demande sur les recherches biologiques et médicales, et plus largement sur toute activité préventive, prédictive, ou de protection.

remettre en cause...

...en permanence

On peut ici soutenir qu'il fallait « *laisser du temps* », sans tout remettre en cause immédiatement, pour que le travail conceptuel et expérimental réduise les audaces, les risques, les dangers et les généralisations abusives, construise la complexité réelle des faits, l'efficacité thérapeutique réelle. C'est ce que traduit la création du terme nouveau de *vaccinologie*. On peut supposer que la formulation d'un principe nouveau, le *principe de précaution*, que le pouvoir politique tente d'inscrire

(1) *Le Monde* 20 mai 2004.

dans la constitution pour des raisons politiques plus que philosophiques aurait empêché tout ce travail. Étienne-Émile Baulieu (2) explique que « *la recherche et l'innovation reposent sur une évaluation des avantages et des risques. L'existence de risque ne peut être sanctionnée a priori : elle doit être mise en face des résultats escomptés. Institutionnaliser des blocages vis-à-vis de ce que l'on ne connaît pas, la méfiance face au progrès, donne crédit aux incantateurs de la peur* ».

les représentations
résistent

On peut aussi se demander si la notion de paradigme n'est pas essentiellement liée aux représentations sociales qu'elle renforce ou suscite. La science peut posséder une dimension mythique, mais elle finit par s'en défaire pour placer l'esprit humain devant une nécessité étrangère à ses représentations de base. Comme l'explique Claude Debru (1998 p. 429) « *ceci ne signifie pas que la science ne peut chercher à donner réalité à des fictions qui sont autant de représentations possibles. Mais la science ne peut s'accorder aux notions les plus primitives que l'homme exprime dans ses narrations mythiques. Bien plutôt, la science suscite sans cesse des représentations inédites. Les réponses que le scientifique recueille dans son dialogue avec la nature ne correspondent ni nécessairement, ni précisément aux questions et aux désirs les plus profonds de l'homme* ». Les représentations sociales résistent. L'essentiel du travail d'enseignement scientifique devient un travail de deuil, de renoncement à ces représentations.

Bien évidemment il faut également se préoccuper de l'efficacité pratique des notions scientifiques au niveau médical et agricole (santé, nourriture). L'enseignement peut-il s'y limiter ?

le deuil impossible

Cette situation de l'immunologie est *exemplaire*, donc paradigmatique, au sens où elle cumule beaucoup sinon toutes les caractéristiques attribuées au paradigme dans sa signification vulgarisée. Mais on hésite à mettre au centre de la notion soit la première conclusion – ne pas tout remettre en cause trop rapidement – soit la deuxième – faire le deuil de certaines représentations sociales qui perdurent et maintiennent le paradigme au niveau social alors qu'il est remis en cause au niveau scientifique. On peut aussi se demander s'il est possible de caractériser par le seul mot de paradigme des questions aussi contradictoires, conceptualisées de manière interdisciplinaire par de nombreux auteurs biologistes, épistémologues, historiens, journalistes, sociologues, etc.

4.2. Programme génétique

Le concept de *programme génétique* (Henri Atlan, 1999 p. 91, Marie-Christine Maurel et Paul-Antoine Miquel 2001) est un bon exemple d'une métaphore (Évelyne Fox Keller, 1999) ayant

(2) *Le Monde* 26 mai 2004. Interview de E-E Baulieu et de Hubert Reeves. Nombreux articles dans *Le Monde* du mercredi 2 juin 2004.

l'hérédité
comme information

eu un rôle heuristique (inventif) au moins temporairement à un moment donné de la recherche. Dans les années 1965 ce concept rend compte de situations expérimentales liées à l'invention du concept de code génétique, et il joue un rôle moteur dans la recherche. (François Jacob, 1970 p. 274) a contribué à populariser l'idée que l'organisme peut effectivement être décrit comme une machine cybernétique. Il soutient « *le paradigme de l'organisme-machine informatique et le paradigme de l'hérédité comme information ou transmission d'un message* » (Anne Fagot Largeault, 2002 p. 540). « *Organes, cellules molécules sont alors unis par un réseau de communications. Ils échangent sans cesse signaux et messages sous forme d'interactions spécifiques entre constituants. La souplesse du comportement repose sur des boucles de rétroaction ; la rigidité des structures sur l'exécution d'un programme rigoureusement prescrit. L'hérédité devient le transfert d'un message répété d'une génération à la suivante. Dans le noyau de l'œuf est consigné le programme des structures à produire* ».

le patrimoine
génétique

Mais ces deux paradigmes jouent également un rôle idéologique car ils laissent supposer que notre esprit est, ou peut être, programmé. La notion commune de « patrimoine génétique » est ambivalente (Dominique Lecourt, 1993 p. 125-135). Le patrimoine génétique est fétichisé. Il ne faut pas toucher au patrimoine, et le garder comme un bien précieux, ou bien au contraire il faut le faire fructifier. La métaphore met en communication le domaine scientifique et le domaine social, ce qui lui confère une forte résistance pour des raisons non dites, volontairement cachées. Cela rend difficile sa remise en cause au niveau de l'enseignement et de la vulgarisation scientifique. Il s'agit de représentations qui conduisent à fétichiser, diviniser, ou diaboliser le patrimoine génétique, qui guident la pensée commune, et l'acceptation ou le refus par le grand public, mais également par les hommes politiques et les Comités d'éthique, de techniques biologiques telles les OGM, les expériences sur les embryons surnuméraires lors des FIVETE. Il s'y ajoute bien souvent une *éthique de la peur*.

Pour revenir au plan épistémologique une métaphore ne contient pas en elle-même *les conditions et les limites de son emploi* (à l'inverse d'un modèle très formalisé ou mathématique). Les limites d'emploi d'une métaphore scientifique n'apparaissent bien souvent qu'*a posteriori*, lors de l'extension d'un concept à des situations nouvelles, et avec la nécessité d'inventer une nouvelle métaphore. Cette remarque se transpose aisément au niveau didactique.

La question d'enseignement conduit à se demander s'il faut continuer à parler de *programme génétique* dans un premier temps, puis à remettre en cause ce concept, dans un deuxième temps. Autrement dit si l'essentiel de l'enseignement scientifique ne réside pas dans la rectification d'un concept et non pas dans son énonciation conforme à la vérité dernière (au sens de plus récente et non pas d'ultime) au niveau scientifique.

4.3. Encéphalopathies

Le cas des *encéphalopathies subaiguës spongiformes transmissibles* (ESST) et en particulier du prion offre plusieurs exemples de remise en cause de notions *communément admises* a propos des maladies infectieuses. On a longtemps admis que la forme spatiale des protéines dépendait directement et uniquement de la séquence linéaire des acides aminés. Pourquoi admettre ceci ?

une séquence
linéaire

Simple mise entre parenthèses d'une question dont on ne pouvait pas se préoccuper ? Seule la structure linéaire des protéines était accessible. Toute analyse en 2D ou 3D a longtemps été impossible.

Simplification hasardeuse, vraie dans quelques rares cas étudiés en premier, et qui ont permis de progresser ?

Le cas des anticorps puis des prions conduit à penser autrement. Les protéines du stress, les *heat shock proteins*, d'abord décrites comme des réponses catastrophiques de l'organisme en situation d'exception, ont ensuite été comprises comme des éléments régulateurs normaux de la conformation spécifique des anticorps. Le concept de *protéines chaperons* devient un concept central. Ce qui était un cas particulier est intégré comme cas général. Ce qui était supposé cas général – les protéines n'ont qu'une seule forme possible et n'en changent pas, sauf en cas de dénaturation irréversible – devient un cas particulier. Or les protéines du prion changent spontanément de forme, et ceci par simple contact avec une autre.

des distinctions

Autre donnée admise et généralisée abusivement celle des durées d'incubation ordinaires des maladies infectieuses. On admet quelques jours à quelques semaines, par simple généralisation d'observations courantes. L'incubation des maladies à prions est de plusieurs années. Pasteur a mis beaucoup de soin à distinguer les maladies microbiennes et les intoxications. Pourquoi, puisque le tétanos offre les deux à la fois ? Quelle était la nécessité théorique de cette distinction à son époque ?

a priori...

ou *a posteriori*

Quelle serait la nécessité de cette distinction pour des élèves débutants ? Toute distinction *a priori* est inutile. Pour l'empirisme il suffit de se laisser guider par les faits et les observations. Faut-il distinguer les maladies génétiques et les maladies microbiennes ? Pourquoi, après tout, une maladie ne serait-elle pas à la fois génétique **et** infectieuse. Faut-il dire « *maladie microbienne* », ou « *théorie microbienne des maladies* », laissant au moins le doute sur le caractère monocausal de ces maladies et l'intervention éventuelle du milieu extérieur ou intérieur. Pasteur a également passé beaucoup de temps pour prouver qu'il n'y a pas de génération spontanée des maladies ni des microbes. S'agit-il d'un manque de docilité aux faits, d'un dogmatisme injustifié qui constitue un obstacle aux découvertes, ou bien d'une croyance généralisée abusivement, mais indispensable temporairement au progrès du travail ? En supposant comme parfaitement séparées les maladies par

intoxication, les maladies génétiques, les maladies infectieuses, les maladies spontanées, il reste que, selon les circonstances, les maladies à prion obéissent aux quatre causes. Commencer par ce nouveau paradigme de maladie, est-ce créer une unité plus large, ou une confusion ? À chacune de ces maladies est attachée une représentation sociale forte, culpabilisante ou déculpabilisante, ontologique ou dynamique qui empêche l'unification.

4.4. Différenciation des cellules

• *Exécution irréversible du programme*

le programme
ne se déroule pas
à l'envers

On a longtemps affirmé de manière péremptoire, que « *la différenciation des cellules était impossible* ». On peut caractériser cette affirmation comme un paradigme car en fait, on admettait, implicitement, que le génome de la cellule différenciée se trouve dans un état d'activité dicté par l'exécution d'un programme, et qu'il n'est pas question ensuite que le programme se déroule à l'envers. Cela implique également que tout ce qui concerne le génome se trouve dans le noyau, et qu'aucun élément du cytoplasme n'intervient. Le programme est entièrement contenu dans le génome, et cette affirmation est également implicite. L'affirmation était soutenue en particulier par les résultats des croisements en génétique mendélienne et morganienne classique qui ne mettent en jeu que les chromosomes, mais aussi par les difficultés à observer les organites du cytoplasme et à analyser leur rôle. Les expériences de transfert de noyau de cellules adultes dans un ovocyte, et la dédifférenciation observée chez les mammifères a conduit à dire que « *cela apporte la preuve formelle que le noyau de la cellule différenciée, transféré dans un ovocyte, est reprogrammé par l'ovocyte* » (H. Atlan 1999). Ici encore l'empirisme peut affirmer qu'il suffit de concevoir une expérience et d'en observer les résultats. Toutefois des expériences plus anciennes de transfert de noyau réussies chez les Amibes (Rostand 1966) et filmées par Commandon et De Fonbrune, n'avaient pas conduit à cette affirmation. Elles montraient au contraire le rôle essentiel du noyau. De même les expériences de Gurdon (1970) sur les batraciens qui ouvraient la discussion longtemps avant le cas des Mammifères, mais sans retentissement. Entre temps la question du rôle respectif du noyau et du cytoplasme dans le transfert du patrimoine génétique s'est modifiée. La prédominance du « tout génétique » a été battue en brèche. Mais comme nous l'expliquions précédemment, la notion de programme génétique rencontre une représentation sociale forte. Elle continuera longtemps à guider chez les élèves la formulation des problèmes concernant la part et l'importance respective du noyau et du cytoplasme.

• *Clones*

De ces pratiques de transfert de noyau pour décider du rôle respectif du cytoplasme et du noyau, au clonage reproducteur le changement de problème et de paradigme est considérable.

narcissisme
individuel

Les termes de clone et de clonage véhiculent actuellement une « *représentation culturelle* » très active et fortement contagieuse (Claude Debru, 2003 p. 385-397). Initialement au milieu des années 1950, le terme apparaît chez les botanistes et les agronomes. *Klôn* signifie en grec petite branche, et le verbe *klaō* signifie couper, tailler des branches, fragmenter. Sur cette origine se greffent deux images : celle de la reproduction végétative, et celle de la fragmentation. C'est l'ensemble des individus obtenus sans fécondation, à partir d'un seul individu, par parthénogenèse ou par bouturage. De cette pratique à celle du transfert de noyaux, puis à la réalisation du clonage reproductif chez les batraciens (John Gurdon, 1970), puis chez les mammifères, puis chez l'homme le chemin est long et le changement de signification important.

Clone ne signifie plus un groupe de membres identiques, mais un membre individuel de ce groupe. « *Ce n'est plus le groupe, la reproduction en nombre, qui est en vue et peut susciter l'effroi, mais l'individu, et avec cette signification, c'est une certaine culture, non plus de la production de masse, mais du narcissisme individuel, qui s'introduit. Le terme de clonage en est donc venu à désigner des réalités très différentes avec des connotations quasiment opposées et une très grande ambivalence.* » Une base expérimentale assez semblable soutient cette fois des problèmes, mais aussi des représentations, sinon des fantasmes, très différents.

• **Biologie réductionniste et intégrative**

réduction
et intégration

Autre balancement entre deux pôles. D'un côté le *réductionnisme biologique* qui cherche au niveau des molécules la réponse à toutes les questions de biologie, de l'autre la *biologie intégrative* qui recherche au niveau de la cellule entière, de l'organisme entier, de l'écosystème, les réponses aux questions de fonctionnement à l'aide des concepts de système, de régulation, d'information. Ces deux pôles constituent-ils deux paradigmes entre lesquels le balancier va et vient ? Mais peut-on parler de paradigme puisque ni l'un ni l'autre ne disparaissent. Comment se traduit au niveau social cette différence d'attitude entre une biologie réductionniste et une biologie intégrative ? Les individus s'éprouvent comme des totalités non décomposables. Ils résistent à toute mécanisation, à toute parcellisation. Ceci est très vif dans le choix, par les patients, de la consultation d'un médecin généraliste ou d'un spécialiste. Ceci se marque aussi dans la résistance sociale à toutes les situations visant à mécaniser le sport, l'apprentissage, le travail productif, etc. Du côté scientifique le réductionnisme serait une étape indispensable du travail toujours en tension avec la nécessité de penser l'organisme comme une totalité organisée. Mais il est également possible que cette querelle du réductionnisme soit « *totalelement vaine* » (C. Debru, 1998 p. 8-12). La formule de Jean Perrin (1970) « *expliquer du visible compliqué par de l'invisible simple* » n'a aucun sens en biologie et relève d'une fascination pour le paradigme de la science physique.

intégrer
les conceptions
des cancers

4.5. Le paradigme du cancer

La mise en place du « *paradigme des oncogènes* » s'établit, selon Michel Morange (1994), entre 1981 et 1984. Il faudrait citer ici en totalité le chapitre 19 (p. 287-303) de son *Histoire de la biologie moléculaire*, pour bien comprendre la facilité avec laquelle le paradigme a été accepté. Le mot cancer n'a pas la même signification dans les différentes disciplines biologiques. « *Pour les médecins une théorie du cancer devait permettre de comprendre une évolution progressive, son origine multifactorielle et inclure la corrélation bien établie entre les effets mutagènes et cancérogènes de nombreux composés chimiques ou traitements physiques. Pour les biochimistes, un modèle du cancer devait prendre en compte les nombreuses altérations, biochimiques ou structurales, des cellules cancéreuses. Pour le biologiste cellulaire, le cancer était une maladie perturbant les communications entre cellules. De plus de nombreux cancers semblaient liés à l'existence de cassures, au sein des chromosomes, suivies de translocations entre chromosomes des fragments ainsi formés, phénomène bien visible au microscope. Pour les virologistes, la majorité des cancers humains avait probablement une origine virale. Si tel n'était pas le cas, les mécanismes de l'oncogénèse non virale devaient en tout cas être identiques aux mécanismes d'oncogénèse induite par le virus. Pour les biologistes moléculaires, l'isolement et la caractérisation des gènes du cancer était un objectif naturel [...]. Le paradigme des oncogènes permettait de réunir ces conceptions différentes du cancer grâce à une alliance féconde entre les concepts de la biologie moléculaire et ceux des autres disciplines biologiques [...] dans ce nouveau paradigme, même des visions opposées du cancer étaient réconciliées* ».

Réunir, réconcilier, intégrer des conceptions opposées, voilà ce que l'on nomme paradigme. On peut par ailleurs se demander quelle est la représentation sociale du – au singulier – cancer ? Le singulier ontologique de la pensée commune contraste avec le pluriel antagoniste des biologistes et des médecins. Cette représentation sociale diffuse-t-elle, et exerce-t-elle une rétroaction sur la recherche ?

4.6. Le paradigme de la forme

la forme absente

Dans l'analyse des vivants les questions de structure, de fonction, d'organisation, de développement et plus récemment d'évolution, en relation avec un milieu extérieur puis intérieur sont restées au premier plan. Par contre le *concept de forme* (Daniel Andler, 2002 p. 1049-1130) qui joue un rôle fondamental dans l'art (René Huyghe, 1971), n'a cessé de reculer en biologie. Plusieurs raisons y contribuent. La génétique des populations qui est au cœur de la théorie de l'évolution « *n'a rien à dire sur la forme des organismes. Elle est constituée d'une pure cinématique formelle, qui fait abstraction des qualités des objets et se contente de décrire leur rythme évolutif* ».

la forme
c'est le bord

sous certaines conditions spécifiées » (Jean Gayon 1992). De plus, selon René Thom, « *la forme c'est le bord, l'intérieur n'est que matérialité vide* ». La forme est également un tout non décomposable en unités élémentaires, en parties.

On peut seulement la transformer par une opération mathématique ou géométrique. L'opération de transformation n'est-elle pas le paradigme de toute activité expérimentale et de production : « *transformer pour comprendre et comprendre pour transformer* ».

la molécule
c'est l'intérieur

La biologie moléculaire oblige à décentrer le regard de la forme apparente et à rechercher dans des niveaux plus profonds, plus intérieurs, la logique du vivant. La génétique embryologique a longtemps été dans l'impossibilité de relier développement de l'embryon et formation progressive de la forme. Avec les concepts de *régulation génétique*, de *gène homéotique* et d'*hétérochronie* la génétique du développement peut prendre en compte les ordres, les vitesses, les durées, les lieux d'expression des gènes. Mais ici également elle doit abandonner le « tout génétique » pour prendre en compte la possibilité d'un « *choc initiateur (extérieur) responsable d'une rupture de symétrie* », responsable de l'acquisition d'une polarité (Hervé Le Guyader, 1992). Voici donc une situation qui permet d'observer la « *(ré)apparition actuelle d'un paradigme de la forme* » ou d'un « *épistémé* » pour utiliser le concept de Michel Foucault (1971, p. 31-38).

5. PARADIGMES MÉTHODOLOGIQUES

Qu'est-ce qu'une *discipline de recherche* sinon à un moment donné, un ensemble de techniques, de questions, de problèmes, admis par un groupe. Sa constitution est une étape indispensable même si toute nouvelle découverte se situe à l'intersection de plusieurs disciplines, à un moment donné il faut accepter un ensemble de techniques, de concepts, de vérités admises, de méthodes expérimentales comme *des principes limitatifs* (G. Rumelhard, 2003) mais qui permettent d'inventer de manière collective et anonyme, par delà le génie individuel. La véritable création ne consiste pas à s'affranchir de toute règle, de toute technique, à faire n'importe quoi, à tout métisser, tout confondre, mais à assimiler des règles, à les mettre en œuvre puis à les remettre éventuellement en cause, à les transgresser.

Ne peut-on dénommer cela un paradigme ? Certains auteurs l'ont proposé. Pour C. Galpérine et J. Gayon (2004, p. 151-155) « *les contours scientifiques d'une discipline correspondent assez bien à ce que le philosophe Thomas Kuhn a appelé un paradigme, c'est à dire quelque chose qui est à mi chemin entre un modèle de recherche imitable et une matrice sociologique et institutionnelle (normes, canaux d'échange, etc.) construite spécifiquement par les communautés scientifiques* ». La

la biologie
n'a pas atteint
sa maturité

notion est autant intellectuelle que sociologique. Dans ce cas apporte-t-elle clarification ou confusion ?

La physique n'est pas le paradigme de toute science, mais elle contient une part de fascination qui séduit les biologistes qui adhèrent au réductionnisme physico-chimique. Anne Fagot Largeault (2002 p. 485-575) a bien montré dans quel mépris a longtemps été tenue l'épistémologie de cette biologie « *qui n'a pas encore atteint sa maturité* ». Le positivisme logique, ou plus précisément le *principe de réfutation* (« *falsifiability* ») de Karl Popper a également exercé une certaine séduction. Yvette Conry (1981, p. 163) a montré de manière définitive que ce principe est métaphysique et idéologique. « *C'est dans les actes mêmes du savoir qu'il faut chercher non pas leurs raisons d'être mais leurs moyens de parvenir* (Canguilhem, 1977 p. 20) » et non pas dans un principe énoncé *a priori*, extérieur et antérieur au travail des scientifiques. Mais la fascination de certains biologistes n'est pas à la veille de s'estomper.

La logique n'est pas le paradigme de toute argumentation scientifique en biologie. Voilà un autre cas qu'il faudrait développer en s'appuyant sur les travaux de Claude Bernard qui a bien montré que « *la logique seule ne suffit pas* » (C. Debru, 1998 p. 160 sv).

On a bien du mal à penser que cet ensemble complexe et varié de situations puisse s'analyser avec ce seul concept de paradigme ! On pourrait avoir le sentiment d'un glissement progressif de signification au fur et à mesure des exemples cités. La responsabilité en revient à Kuhn lui-même qui a favorisé l'extension et l'ambiguïté de son concept initial, lui faisant ainsi perdre sa faculté de clarification. De nombreux autres concepts ont été proposés : concept « en attente », épistémé, schéma recteur, régularité énonciatives, discipline de recherche, obstacle épistémologique, rupture épistémologique... pour penser le versant proprement épistémologique de cet ensemble. Quant au versant des représentations sociales, des mythes, des idéologies, il est également largement travaillé.

6. REFUS DE TOUT PARADIGME : EMPIRISME ET « BRUTISME »

Le refus de toute théorisation, très forte chez les adeptes d'un positivisme dogmatique, concerne également l'acceptation de l'existence d'un paradigme, du moins dans sa signification épistémologique.

faits bruts

Le « brutisme » c'est le fait de croire à l'existence de faits bruts, indépendamment de toute théorie, ou de toute interprétation. Si l'on pense que le progrès résulte uniquement de l'observation de faits bruts, si l'on s'en tient de manière crispée au plus près des faits, observés sans idée préconçue et ou provoqués par des expériences, en ayant peur de toute

extension et de toute anticipation, évidemment toutes ces questions de paradigme ne se posent pas. L'empirisme ne pense pas, il attend, il n'anticipe pas, il s'en tient aux faits qui se proposent spontanément à lui, il n'a pas de procédés ni d'audace pour anticiper les faits.

anticiper les faits

De plus, bien souvent, les considérations qui soutiennent le paradigme sont très abstraites et ne modifient pas l'utilisation concrète des outils et des techniques au laboratoire. C'est le cas de la génétique par exemple. Henri Atlan (1999 p. 63) précise que les considérations très abstraites concernant l'ADN conçu comme « *programme ou donnée* », n'intéressent que quelques personnes impliquées dans ce genre de réflexion théorique. Là où ces réflexions théoriques deviennent relativement importantes, c'est lorsqu'il ne s'agit plus seulement de la pratique des laboratoires, mais aussi de la compréhension des phénomènes par les biologistes eux mêmes. Cette question est illustrée en bioéthique « *par la très grande difficulté que l'on rencontre pour convaincre qu'il y a une différence de nature quant au risque entre la thérapie génique somatique et la thérapie génique germinale* ».

des obstacles...

Autre débat théorique qui risque de n'avoir aucune incidence pratique dans la formulation des problèmes : les formulations de type pseudo-lamarckien sont largement utilisées dans la vulgarisation (finalité, intentionnalité, anthropomorphisme), mais elles restent en dehors du champ de préoccupation de la plupart des chercheurs, et ne les empêchent pas de travailler au laboratoire. Les élèves, quant à eux, ignorent les enjeux de ces débats qui leur semblent bien étrangers.

...à l'assimilation
du savoir

Les scientifiques ne se soucient pas des représentations sociales qu'ils suscitent, qu'ils renforcent, ou qui créent des obstacles à l'assimilation du savoir, car ils pensent que ce ne sont pas des obstacles à la recherche. Celle-ci progresse d'après eux essentiellement grâce aux progrès techniques. Le scientifique ne se soucierait que d'efficacité médicale ou agricole autrement dit de la formation d'ingénieurs non pas de savants. Cette thèse de l'efficacité est du moins mise en avant pour rechercher des crédits et des contrats. On pourrait invoquer ici la dimension institutionnelle des paradigmes.

Certains paradigmes se remplacent l'un l'autre au niveau de la recherche scientifique, mais persistent comme représentation sociales car il s'agit de métaphores ambivalentes, ayant aussi une fonction idéologique.

En conclusion des quatre dimensions épistémologique, institutionnelle, psychologique et sociologique des paradigmes, la première pourrait, de manière privilégiée, donner lieu à un travail didactique. C'est du moins une position théorique possible mais contestée. En sélectionnant les situations, dans cet ensemble de réflexions et d'exemples analysés, nous pouvons ouvrir, dans le domaine proprement didactique, un *champ de recherche et un programme de travail* sur les limites plus ou moins inconscientes, ou latentes qui guident la

une réflexion
abstraite

formulation de problèmes par les élèves eux mêmes, en relation avec leurs connaissances acquises, les observations et les expériences évoquées ou réalisées en cours. Les exemples de paradigmes doivent aussi permettre d'analyser les représentations qui font obstacle à la formulation des problèmes, et à la recherche de solutions possibles. Sous cet angle, les dimensions institutionnelles, psychologiques et sociologiques peuvent enrichir cette recherche d'obstacles.

Guy RUMELHARD
Lycée Condorcet Paris
UMR STEF ENS Cachan – INRP
guy.rumelhard@wanadoo.fr

BIBLIOGRAPHIE

- ANDLER, D. (2002). *La forme*. In D. Andler, A. Fagot-Largeault et B. Saint-Sernin. *Philosophie des sciences*. (tome I pp. 485, 575, tome II pp. 1049, 1130). Paris : Gallimard, Folio essais.
- ATLAN, H. (1999). *La fin du « tout génétique » ? Vers de nouveaux paradigmes en biologie*. Paris : Éditions de l'INRA (91 pages).
- CANGUILHEM, G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Paris : PUF.
- CANGUILHEM, G. (1977). *Idéologie et rationalité dans les sciences de la vie*. Paris : Vrin
- CANGUILHEM, G. Préface à Delaporte F. (1978). *Le second règne de la nature*. Paris : Flammarion.
- CONRY, Y. (1981). Organisme et organisation : de Darwin à la génétique des populations. *Revue de synthèse* juillet-décembre (pp. 291, 330), réimprimé dans *Darwin en perspective*. Paris : Vrin.
- DEBRU, C. (1998). *Philosophie de l'inconnu : le vivant et la recherche* Paris PUF coll. Science histoire et société.
- DEBRU, C. (2003). *Le possible et les biotechnologies*. Paris : PUF.
- DEWAELE, J. (2003). L'enseignement des concepts de soi et non soi. *Biologie-Géologie*, 2, 287-296.
- FAGOT-LARGEAULT, A. (2002). *L'ordre vivant*. In D. Andler, A. Fagot-Largeault et B. Saint-Sernin. *Philosophie des sciences* (tome I, pp. 540-660). Paris : Gallimard coll. Folio essais.
- FOUCAULT, M. (1971) *L'ordre du discours* Paris : Gallimard.
- GALPERINE, C. & GAYON, J. (2004). Introduction. *Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie*, 11 (2) 151-155.

GAYON, J. (1992). *L'espèce sans la forme*. In J. Gayon, J.-J. Wunenburger (Éd). *Les figures de la forme*. Actes d'un colloque regroupant 24 interventions sur ce thème. Paris : l'Harmattan.

HERZLICH, C. (1969). *Santé et maladie. Analyse d'une représentation sociale*. Paris : Mouton.

HUYGHE, R. (1971). *Formes et forces*. Paris : Flammarion.

JACOB, F. (1970) *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*. Paris : Gallimard.

KELLER, E. Fox (1999, traduction française 1995). *Le rôle des métaphores dans les progrès de la biologie*. Paris : Institut synthélabo.

KUHN, T.-S.(1972). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.

LATOURET, B. (1996). Avons nous besoin de « paradigmes » ? On accuse à tort Thomas Kuhn d'un sociologisme qu'il rejetait. *La Recherche*, 290, 84.

LECOURT, D. (1993) *À quoi sert donc la philosophie ? Des sciences de la nature aux sciences politiques*. (pp. 35, 36 et pp. 87, 102). Paris : PUF.

LECOURT, D. (1993) La notion de programme s'applique-t-elle à la pensée ? In *À quoi sert donc la philosophie ? Des sciences de la nature aux sciences politiques*. (pp. 125, 135). Paris : PUF.

LE GUYADER, H. (1992). Du concept de forme à la notion de polarité. Les nouvelles données de la biologie du développement. In J. Gayon et J.-J. Wunenburger (Éd). *Les figures de la forme*. Paris : L'Harmattan.

MAUREL, M.-C. ; Miquel, P.-A. (2001). *Programme génétique : concept biologique ou métaphore ?* Paris : Éditions Kimé.

MORANGE, M. (1994). *Histoire de la biologie moléculaire*. Paris : La Découverte.

MOULIN, A.-M. (1995). Clés pour l'histoire de l'immunologie. In *Le système immunitaire, ou l'immunité cent ans après Pasteur*. (pp. 122-131). Dossiers documentaires INSERM Nathan.

MOULIN, A.-M. (1991). *Le dernier langage de la médecine. Histoire de l'Immunologie de Pasteur au SIDA*. Paris : PUF.

MOULIN, A.-M. (Éd) (1996). *L'aventure de la vaccination* Paris Fayard. Collection Penser la médecine.

PERRIN, J. (1970). *Les atomes*. Paris : Gallimard.

ROSTAND, J. (1966). *Biologie*. Paris : Gallimard coll. Pléiade.

RUMELHARD, G. (1979). Les processus de dogmatisation. *Actes des Premières Journées internationales d'étude scientifique*. Chamonix.

RUMELHARD, G. (Coord.) (1990). L'immunologie. Jeux de miroirs. *Aster*, 10.

RUMELHARD, G. (2003). Rencontres entre les disciplines. *Aster*, 30.

Aster 40, 2005

PROBLEM AND PROBLEM DEFINING

SUMMARIES

Teaching Physics Using Problem Situations or Open-Ended Problems Jean-Marie Boilevin

In recent years teaching articles in France have often employed the terms “problem situations” or “open-ended problems” as concerns the teaching of physics. Their use has been justified by the teaching importance accorded to problems which were considered as being virtually inseparable from the learning of physics. However, the very meanings of the terms employed to discuss the problems has not been stabilized. Consequently, without any prior work on the actual meaning being done, a risk of misinterpretation exists, with this floating terminology (problem, problem-situations, open-ended problems, problem defining) rendering equally ambiguous questions concerning teaching and learning.

This article concentrates on the analysis of two types of activities used in the teaching of physics in France (problem-situations and open-ended problem solving activities) which didactics researchers examined from a theoretical standpoint and for which they carried out validating tests. Compared from an epistemological, psychological and didactic point of view, the two activities led to, more specifically, an assessment of what exactly a problem is and its role in the learning of physics.

Ill-Structured Environmental Problems and Secondary-School Pupils' Reflective Thinking

**Rodolphe M. J. Toussaint
Marie-Hélène Lavergne**

This study was carried out with secondary-school pupils in an environmental education programme. The pupils were confronted by ill-structured problems on bio-diversity which were not stated with certainty and for which there was not just one solution. In such instances, a problem is considered as being resolved when a thinking person identifies a solution to the problem that temporarily closes the situation. The model proposed by Patricia King and Karen Kitchener was validated by the study's results and could also be tied to those developed by Gaston Bachelard.

Pupil Argument Strategies When Confronted by a Socio-Scientific Controversy

Virginie Albe

With a view to improving our understanding of the way pupils view current socio-scientific controversies, an in-class study was carried out with pupils aged 16-17 specialized in agriculture on the dangers associated with cellular phones. The pupils were first asked to examine research documentation on the subject and then to develop their own arguments. This article examines whether or not this particular teaching situation enables pupils to build and define a problem concerning this controversy.

Progressively Leading Pupils to Define a Science Problem by Co-Operative Work Following Up from the Age of 6 to 9 of a Group of Pupils

Yves Girault

Catherine Lapérouse

“Researchers in the environment” (« Chercheurs en herbe ») is a project entailing the collaboration between researchers, teachers and pupils. Its goal is to encourage researchers to re-assess their methods while observing Nature as well as to change pupils’ views of research work and at the same time to help them acquire transferable practical knowledge. The pupils were thus asked to build their own mental model of a problem using two distinct sources: knowledge they already possessed and information acquired from their research observations. Carried out with pupils aged 8 to 11, this step-by-step method spread out over 3 years produced positive results; some of the pupils, through this activity, were able to build and define a problem.

Scientific Debates and Pupil Implication in Problem Defining : A Debate with 11-12 Year Olds on Nervous Control of Muscular Movement

Françoise Beorchia

Based upon work researched in a PhD, this article shows how exploring the theoretical constraints implied in modelling the nervous communication system at several school levels, as well as in the history of the sciences, provided the basic tools needed to analyse debates in an area which is still to be pioneered from a problem-building point of view. Work with the 10 to 11 year-old pupils was carried out in two areas: step-by-step follow-up work with them on the debate in order to determine at what point they were in the problem-defining process and determining both the underlying grounds and principles of the explanations. In order to do so, language-sciences approaches in conjunction with epistemological analyses were used with a view to better understanding the close relationship that exists between defining a problem and building an argument.

A Debate on Nutrition in Science Class with 14-15 Year Olds : Building an Argument Around What is Possible and Problem Building

Yann Lhoste

An in-class scientific debate on nutrition may well represent a means of involving pupils in a process of acquiring scientific knowledge through problem building.

Problem building is based upon situational pupil and teacher language activity. A melding of epistemological and language-based approaches were applied to the transcription of a debate between pupils aged 14 to 15. This dual analysis technique allowed us to distinguish between the different arguments forwarded during the debate. It thus provided new information on the conceptualization process and opened new perspectives for a better understanding of the way pupils build problems in Biology class.

Functionalist and Historical Theories and Problem Building in Earth-Sciences With Researchers and Secondary-School Pupils

Denise Orange

This article takes a look at problem building and defining in Earth sciences, an area with an inherently dualist nature due to its functionalist and historical components and which serves to explain both the way the Earth functions today and piece together its past. It characterizes both the functionalist and historical theories by way of a few geological problems and examines the interplay between the two, shedding light upon the importance of the methods associated with Sir Lyell's "principle of actualism" and of the difference between events and phenomena. In this article problem-defining methods by researchers and pupils have been compared with a view to determining the difficulties encountered by secondary-school pupils in acquiring scientific knowledge in geology.

An Epistemological, Psychological and Sociological Approach to Problem Building and Defining Coupled with the Notion of Paradigm

Guy Rumelhard

Kuhn's notion of paradigm widely accepted by science researchers states that at any given point in time and context a person's thinking patterns in science are limited by constraints which determine whether a problem is pertinent or not. Paradigms equally put limits on what solutions are possible. Thus, any teaching method requiring pupils to define a problem should take this into consideration. A pupil's thinking exists in a pre-determined, but often latent, time and space which guides his/her choices and problem defining, albeit not necessarily overtly.

Traduction : Wayne Iwamoto

Aster 40, 2005

PROBLEME UND PROBLEMATISIERUNG

ZUSAMMENFASSUNGEN

Die Physik durch eine „Problem-Situation“ oder ein „offenes Problem“ unterrichten

Jean Marie Boilevin

Die französische pädagogische Literatur gebraucht seit einigen Jahren häufig die Ausdrücke „Problem-Situation“ oder „offenes Problem“ auf dem Gebiet des Physik-Unterrichts. Um diesen Gebrauch zu rechtfertigen, wird die didaktische Bedeutung der Probleme oft vorgeschoben, wobei die Beziehung, die zwischen einem „Problem“ und dem Erwerb von Kenntnissen in Physik besteht, als wesentlich erscheint. Aber der eigentliche Sinngehalt der Ausdrücke, die gebraucht werden, um das „Problem“ im Physikunterricht zu erfassen, scheint nicht gefestigt zu sein. Besteht dann nicht Gefahr, dass Missverständnisse aufkommen und dass unterschiedliche Auffassungen über die Fragen des Unterrichts und des Erlernens entstehen und sich von dem Gebrauch verschiedener Ausdrücke („Problem“, „Problem-Situation“, „offenes Problem“, „Problematisierung“) ableiten, ohne dass eine Arbeit über den Sinn ausgeführt wurde ?

In diesem Artikel schlagen wir vor, zwei Arten von Aktivitäten genauer zu untersuchen, die man im Physikunterricht in Frankreich trifft und die Gegenstand von theoretischen Überlegungen und von Bestätigungsversuchen durch einige Didaktikforscher waren : die „Problem-Situation“ und die Lösung eines „offenen Problems“. Der Vergleich zwischen diesen beiden Arbeitsmitteln unter einem epistemologischen, psychologischen und didaktischen Gesichtspunkt führt vor allem dazu, das Wesen und den Platz des „Problems“ im Erlernen der Physik zu analysieren.

„Schlecht strukturierte komplexe Probleme“ in Bezug auf die Umwelt und reflexives Denken bei Schülern der Sekundarstufe

Rodolphe M. J. Toussaint

Marie-Hélène Lavergne

Die Untersuchung wurde mit Schülern der Sekundarstufe durchgeführt, die bei einem Programm für die Aufklärung über die Umwelt eingeschrieben waren. Diese Schüler waren mit „schlecht strukturierten komplexen Problemen“ (ill structured problems) konfrontiert, die im Bereich der Artenvielfalt ausgesucht wurden, die nicht mit Sicherheit festgelegt sind und für die es nicht nur eine einzige Lösung gibt. In einem ähnlichen Fall wird das Problem eher nach Identifizierung einer Lösung, die die Situation vorübergehend abschliesst, als gelöst angesehen. Die Ergebnisse ermöglichen uns, das von Patricia King und Karen Kitchener beschriebene Modell für gültig zu erklären und es mit den Vorschlägen von Gaston Bachelard in Einklang zu bringen.

Argumentative Strategien von Schülern, die mit einer aktuellen sozio-wissenschaftlichen Kontroverse konfrontiert werden

Virginie Albe

Um zu einem besseren Verständnis von der Art und Weise beizutragen, wie die Schüler aktuelle sozio-wissenschaftliche Kontroversen angehen, haben wir im Unterricht mit Schülern im Alter von 16 bis 17 Jahren, die 1^{re}-Klassen des technologischen Zweiges im landwirtschaftlichen Berufsschulwesen besuchen, eine Untersuchung über die Frage der Gefährlichkeit von Handys durchgeführt. Im Laufe dieser Aktivität haben die Schüler Auszüge aus Forschungsarbeiten untersucht und Argumente ausgearbeitet. In diesem Artikel stellen wir eine Analyse dieser Unterrichtssituation in Bezug auf die Möglichkeiten dar, die eine solche Situation bietet, um die Schüler zu einer jene Kontroverse problematisierenden Aktivität hinzuführen.

Wie man im Rahmen einer Zusammenarbeit mit Schulklassen die Schüler zu der Formulierung eines wissenschaftlichen Problems schrittweise einführen kann

Betrachtung einer Schülergruppe von der 1.Klasse (CP) bis zur 3.Klasse (CE2) der Grundschule

Yves Girault

Catherine Lapérouse

Anlässlich einer in Zusammenarbeit betriebenen Forschung über das Projekt „Angehende Forscher“ war es unser Wunsch, einerseits jedem der Akteure zu ermöglichen, seine eigenen, auf der Beobachtung der Natur basierenden Praktiken neu zu befragen und andererseits den Schülern die Möglichkeit zu geben, ihre Vorstellungen von der Arbeit der Forscher zu ändern und ihnen dabei zu helfen, funktionelle Kenntnisse, das heisst, Kenntnisse, die in verschiedenen Kontexten wieder verwendbar sind, zu erwerben. Diese Schüler wurden also dazu geführt, sich ihre eigene Vorstellung eines Problems zu bilden, indem sie zwei Arten von Hilfsmitteln verwendet haben : die Kenntnisse, über die sie verfügen und die auf dem zu erforschenden Gelände vorhandenen Informationen. Der langsame und schrittweise Prozess, der sich über 3 Jahre erstreckte und der bei diesen Schülern im Alter von 8 bis 11 Jahren durchgeführt wurde, hat positive Wirkungen gehabt, indem er manchen von ihnen ermöglichte, eine Aktivität in Verbindung mit einer Problematisierung vorzunehmen.

Wissenschaftliche Debatte und Heranführen der Schüler an die Problematisierung : der Fall einer Debatte über die nervliche Steuerung der Bewegung in einer CM2-Klasse (5.Klasse)

Françoise Beorchia

Dieser Artikel nimmt zum Teil eine Forschung wieder auf, die im Rahmen einer Doktorarbeit durchgeführt wurde. Die Erforschung der die nervliche Kommunikation betreffenden Zwangsräume, die auf mehreren Schulstufen und in Bezug auf die Geschichte der Wissenschaften durchgeführt wurde, hat grundlegende Hilfsmittel geliefert zur Analyse der Debatten über dieses noch wenig unter dem Gesichtspunkt des Aufbaus von Problemen erforschte Thema. Wir haben diese Arbeit in zwei Richtungen fortsetzen wollen : zum einen in der Richtung der schrittweisen Betreuung der Schüler (Schüler der 5.Klasse bzw. CM2 im Alter von 10 bis 11 Jahren) innerhalb der Debatte, um ihren Einsatz bei der Problematisierung näher zu bestimmen, zum anderen in der Richtung der Erkundung der tiefer liegenden Grundlagen oder Erklärungsprinzipien. Das führt uns dazu, in Ergänzung zu den epistemologischen Untersuchungen Herangehensweisen der Sprachwissenschaft zu verwenden, wenn wir die engen Beziehungen zwischen Problematisierung und Argumentation zu verstehen versuchen.

Argumentation über die möglichen Lösungen und Aufbau des Problems in der wissenschaftlichen Debatte in einer 9. Klasse (3^e) zum Thema der Ernährung

Yann Lhoste

Die in der Klasse zum Thema der Ernährung geführte wissenschaftliche Debatte kann es ermöglichen, die Schüler an einen Prozess heranzuführen, bei dem sie mittels der Problematisierung ein wissenschaftliches Wissen aufbauen. Dieser Aufbau der Probleme basiert auf der sprachlichen Tätigkeit der Schüler und des Lehrers im Klassenkontext. Ausgehend von der Niederschrift einer Debatte mit einer Klasse von Schülern im Alter von 14 bis 15 Jahren haben wir die epistemologische und die sprachwissenschaftliche Herangehensweise gekreuzt. Diese doppelte Analyse ermöglichte es uns, Unterscheidungen zwischen den verschiedenen, bei der Debatte erstellten Ursachen vorzunehmen, was neue Angaben in Bezug auf den Prozess der Erarbeitung von Konzepten bringt und Perspektiven öffnet zu einem besseren Verständnis von der Art und Weise, wie die Schüler die Probleme in den Lebens- und Erdwissenschaften aufbauen.

Funktionalistische Problematisierung und historische Problematisierung in den Erdwissenschaften bei den Forschern und bei den Gymnasiasten

Denise Orange

Dieser Artikel interessiert sich für die Problematisierung in den Erdwissenschaften. Diese Wissenschaften befinden sich in einer Spannung zwischen einem funktionalistischen Pol und einem historischen Pol, da sie sich gleichzeitig bemühen, das gegenwärtige Funktionieren der Erde zu erklären und deren Geschichte zu rekonstruieren. Im Rahmen einiger geologischer Probleme kennzeichnen wir die funktionalistische Problematisierung und die historische Problematisierung und stellen uns Fragen über ihr Zusammenspiel: der methodologische Grundsatz vom Aktualismus und die Unterscheidung zwischen Ereignis und Phänomen erhalten dann ihre ganze Bedeutung. Wir stellen einen Vergleich zwischen der Problematisierung bei den Forschern und der Problematisierung bei den Gymnasiasten an. Diese nähere Betrachtung ermöglicht es, bei der Identifizierung der Schwierigkeiten voranzukommen, die die Gymnasiasten bei dem Aufbau eines wissenschaftlichen Wissens in Geologie treffen.

Die Problematisierung und der Begriff „Paradigma“ Epistemologische, psychologische und soziologische Herangehensweise

Guy Rumelhard

Wenn man den von Kuhn ausgearbeiteten und von den Wissenschaftlern selbst weitestgehend angenommenen Begriff „Paradigma“ übernimmt, wirkt das wissenschaftliche Denken zu einem bestimmten Zeitpunkt der Arbeit auf einen gegebenen Kontext ein, innerhalb von Zwängen, die die unsere Aufmerksamkeit verdienenden Probleme bestimmen. Das Paradigma grenzt ebenfalls das Spiel der Möglichkeiten bei der Suche nach den Lösungen ein. Die pädagogische Praxis, die darin besteht, die Schüler zu bitten, Probleme zu formulieren, sollte also diesem Begriff Rechnung tragen. Die Schüler denken innerhalb eines bestimmten, aber meistens unterschwelligen kulturellen Zeitraums, der, ohne dass es immer deutlich gesagt wird, die Auswahl und die Formulierung dieser Probleme leitet.

Traduction : Michel Eymaron

Aster 40, 2005

PROBLEMA Y PROBLEMATIZACION

SUMARIOS

Enseñar la física a través de una situación problema o por un problema abierto

Jean Marie Boilevin

La literatura pedagógica francesa utiliza frecuentemente después de algunos años las expresiones situación-problema o problema abierto en el campo de la enseñanza de la física. Para justificar esta utilización, el interés didáctico de los problemas, ocupa a menudo la primera línea, y la relación mantenida entre problema y aprendizaje de la física es concebida como esencial. Pero la significación misma de las expresiones utilizadas para citar el problema de la física no parece resuelto. No hay entonces un riesgo que los errores aparezcan y que las divergencias sobre las cuestiones de enseñanza-aprendizaje aparezcan de la utilización de términos diversos (problemas, situación-problema, problema abierto, problematización), sin que un trabajo sobre el significado haya sido realizado.

Nos proponemos en este artículo, analizar de una manera más precisa, dos tipos de actividades encontradas en la enseñanza de la física en Francia y que han sido el objeto de reflexiones teóricas y de tentativas de validación por ciertos investigadores en didáctica : situación-problema y la actividad de resolución de problema abierto. La comparación de un punto de vista epistemológico, psicológico y didáctico de esos dos útiles, conduce a interrogarse principalmente sobre la naturaleza y el lugar que ocupa el problema en el aprendizaje de la física.

Problemas complejos-confusos en relación al medio ambiente y pensamiento reflexivo de los alumnos de la enseñanza media**Rodolphe M. J. Toussaint****Marie-Hélène Lavergne**

El estudio ha sido conducido con los alumnos de secundaria inscritos en un programa de educación para el medio ambiente. Esos alumnos han sido confrontados a « problemas complejos imprecisos » (ill structured problems) elegidos en el campo de la biodiversidad, que no son definidos con certeza y que no tienen una solución única. En semejante caso, el problema es considerado como resuelto después de la identificación de una solución que concluye o cierra la situación temporaria. Los resultados nos permiten de validar el modelo descrito por Patricia King y Karen Kitchener y de compararlo con las propuestas de Gaston Bachelard.

Estrategias argumentativas de los alumnos enfrentados a una controversia socio-científica actual**Virginie Albe**

A fin de contribuir a la comprensión de la manera que los alumnos apprehenden las controversias socio-científicas actuales, pusimos en marcha un estudio sobre el problema de la peligrosidad de los teléfonos celulares, en clase de 1era tecnológica de la enseñanza agrícola (alumnos de 16 y 17 años). En el curso de esta actividad, los alumnos han estudiado los extractos de investigación y elaborado los argumentos. En este artículo, presentamos un análisis de la situación de enseñanza relativo a sus posibilidades de comprometer a los alumnos, en una actividad de problematización de esta controversia.

Conducir progresivamente los alumnos a la formulación de un problema científico en el cuadro de una cooperación.

Seguimiento de una cohorte de CP al CE2

Yves Girault

Catherine Lapérouse

En el seno de una investigación de colaboración efectuada sobre el proyecto « investigadores aprendices » hemos deseado que cada uno de los actores se cuestione sobre sus propias prácticas, basada en una actividad de observación de la naturaleza y permitiendo a los alumnos de modificar sus propias representaciones sobre el trabajo de los investigadores, accediendo al mismo tiempo a la adquisición de los conocimientos funcionales ; es decir volver a utilizarlos en contextos diversos. Esos alumnos han sido conducidos pues, a construir su propia representación de un problema, utilizando dos tipos de recursos: los conocimientos que ellos disponen y las informaciones presentadas en el campo de investigación. El proceso lento y progresivo, escalonado durante tres años, ha tenido efectos positivos, logrando que algunos de los alumnos de 8 a 11 años, puedan realizar una actividad de problematización.

Debate científico y compromiso de los alumnos en la problematización: el caso de un debate sobre la transmisión nerviosa del movimiento en CM

Françoise Beorchia

Este artículo, retoma en parte, una investigación conducida en el cuadro de un trabajo de tesis.

Analizada en numerosos niveles escolares y en la historia de ciencias, la exploración de las dificultades relacionadas con la transmisión nerviosa, ha permitido obtener una base de útiles de análisis de los debates, en relación a este tema todavía poco explorado, del punto de vista de la construcción de problemas. Hemos querido continuar ese trabajo en dos direcciones, el seguimiento de los alumnos (CM edades de 10-11 años) paso a paso en el debate, para precisar su compromiso en la problematización y el señalamiento de los fundamentos o principios de explicación subyacentes. Esto nos conduce a utilizar aproximaciones de ciencias del lenguaje, en complemento de los análisis epistemológicos, cuando buscamos comprender mejor, las relaciones estrechas entre problematización y argumentación.

Argumentación sobre los posibles y construcción de problema en el debate científico en clase de 3ero, sobre el tema de la nutrición

Yann Lhoste

El debate científico sobre el tema de la nutrición en la clase, puede comprometer los alumnos, a un proceso de construcción de un saber científico a través de la problematización.

Esta construcción de los problemas, se apoya sobre la actividad en torno del lenguaje de los alumnos y de la enseñanza en situación. A partir de la transcripción de un debate, con una clase de alumnos de edades de 14 y 15 años, hemos cruzado las aproximaciones epistemológicas y de lenguajes. Este doble análisis, nos ha permitido distinguir las diferentes razones construidas durante el debate, nos entrega nuevas indicaciones en relación al proceso de conceptualización y nos abre la perspectiva para comprender mejor, la manera como los alumnos construyen los problemas en las ciencias de la vida y de la Tierra.

Problematización funcionalista y problematización histórica en Ciencias de la Tierra de los investigadores y los alumnos del liceo

Denise Orange

Este artículo se interesa a la problematización en ciencias de la Tierra. Esas ciencias están en tensión entre un polo funcionalista y un polo histórico, dado que intentan explicar al mismo tiempo el funcionamiento actual de la Tierra y la reconstitución de su historia. En el cuadro de algunos problemas geológicos, caracterizamos la problematización funcionalista y la problematización histórica y cuestionamos su articulación: el principio metodológico del actualismo y la distinción acontecimiento/fenómeno recoge entonces, toda su importancia.

Comparamos la problematización de los investigadores y la de los alumnos del liceo.

Estos estudios permiten avanzar en la identificación de las dificultades de los alumnos para construir los conocimientos científicos en Geología.

La problematización y el concepto de paradigma. Análisis epistemológico, psicológico, sociológico

Guy Rumelhard

Si adoptamos el concepto de paradigma elaborado por Kuhn y ampliamente admitido por los propios científicos, el pensamiento científico se ejerce, en un momento preciso del trabajo, en un contexto dado, en el interior de apremios que determinan los problemas que merecen la atención. El paradigma define igualmente el juego de los posibles en la investigación de las soluciones. La práctica pedagógica que consiste en pedir a los alumnos de formular los problemas, tendría pues que tener en cuenta ese concepto. Los alumnos piensan en un espacio- tiempo cultural determinado, a menudo latente, que guía sin que se diga siempre, la elección y la formulación de los problemas.

Traducción : Mirtha Bazan

ASTER • Commande de numéro

à retourner à

INRP • Service des publications • Vente à distance
pubvad@inrp.fr • Tél. +33 (0)4 72 76 61 64/65
19, mail de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Nom et/ou établissement / service

Adresse

Localité Code postal

Date Signature

Tarif garanti jusqu'au 31/12/05, TVA 5,50 % **Tarif TTC en euros**

Le numéro **17,00**

Franco de port en métropole, port en sus hors métropole

Cochez le ou les numéro(s) souhaité(s) :

- ☐ N° 39 (2004) Nouveaux dispositifs, nouvelles rencontres avec les connaissances
- ☐ N° 38 (2004) Interactions langagières 2
- ☐ N° 37 (2003) Interactions langagières 1
- ☐ N° 36 (2003) L'enseignement de l'astronomie
- ☐ N° 35 (2002) Hétérogénéité et différenciation
- ☐ N° 34 (2002) Sciences, techniques et pratiques professionnelles
- ☐ N° 33 (2001) Écrire pour comprendre les sciences
- ☐ N° 32 (2001) Didactique et formation des enseignants
- ☐ N° 31 (2000) Les sciences de 2 à 10 ans
- ☐ N° 30 (2000) Rencontres entre les disciplines
- ☐ N° 29 (1999) L'école et ses partenaires scientifiques

- ☐ N° 28 (1999) L'expérimental dans la classe
- ☐ N° 27 (1998) Thèmes, thèses, tendances
- ☐ N° 25 (1997) Enseignants et élèves face aux obstacles
- ☐ N° 26 (1998) L'enseignement scientifique vu par les enseignants
- ☐ N° 24 (1997) Obstacles : travail didactique
- ☐ N° 23 (1996) Enseignement de la technologie
- ☐ N° 22 (1996) Images et activités scientifiques
- ☐ N° 21 (1995) Enseignement de la géologie
- ☐ N° 20 (1995) Représentations et obstacles en géologie
- ☐ Autre(s) numéro(s)

Toute commande doit être accompagnée d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur de recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant des services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : ministère de l'Économie, des Finances et du Budget, direction de la comptabilité publique, instruction n° 90-122-BI-MO-M9 du 7 novembre 1990, relative au paiement à la commande pour l'achat d'ouvrages par les organismes publics. Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera l'exécution de la commande.

ASTER • Bulletin d'abonnement

(2 numéros par an)

à retourner à

INRP • Service des publications • Abonnement

abonn@inrp.fr • Tél. +33 (0)4 72 76 61 66/58

19, mail de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Nom et/ou établissement / service

.....

Adresse

.....

.....

Localité Code postal

Date Signature

ASTER

recherches en didactique des sciences expérimentales

Abonnement avec port inclus	Tarif TTC en euros
2 numéros par an	jusqu'au 31/12/05
France métropolitaine (hors Corse)	28,00
Corse, DOM (hors Guyane)	27,10
Guyane, TOM	26,54
Étranger	32,00

au lieu de 17,00 euros le numéro (port en sus hors métropole)

Nombre d'abonnement(s)	Tarif	Total
	x	=

Tout bulletin d'abonnement doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur de recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant des services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : décret du 29 décembre 1962 (instruction M9.1), article 169, relatif au paiement d'abonnements à des revues et périodiques). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera le service de l'abonnement.

ASTER + DIDASKALIA

Bulletin d'abonnement groupé

(2 fois 2 numéros par an)

à retourner à : INRP • Service des publications • Abonnement
abonn@inrp.fr • Tél. +33 (0)4 72 76 61 66/58
19, mail de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Nom et/ou établissement / service

Adresse

Localité Code postal

Date Signature

ASTER + DIDASKALIA

Abonnement groupé avec port inclus	Tarif TTC en euros
2 fois 2 numéros par an	jusqu'au 31/12/05
France métropolitaine (hors Corse)	52,20
Corse, DOM (hors Guyane)	50,53
Guyane, TOM	49,48
Étranger	59,40

Nombre d'abonnement(s)	Tarif	Total
-------------------------------	--------------	--------------

x =

Tout bulletin d'abonnement doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur de recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant des services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : décret du 29 décembre 1962 (instruction M9.1), article 169, relatif au paiement d'abonnements à des revues et périodiques). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera le service de l'abonnement.

