

TABLES RONDES

**CADRES THEORIQUES AUTOUR
DE LA MODELISATION**

Animée par Guy Robardet

CONTRIBUTION A LA TABLE RONDE « CADRES THEORIQUES AUTOUR DE LA MODELISATION »

Claudine LARCHER

Le travail sur la modélisation mené dès 1984 en partenariat entre le LIREST et l'INRP s'intéressait à la démarche de modélisation plutôt qu'aux modèles, pour mettre l'accent sur la distinction et le lien entre les « les objets dans le registre du modèle » et ce qu'elle modélise. Le modèle doit comporter ces deux registres celui des objets du modèle et celui d'une description préalable, et leur lien explicite faute de risquer une substitution incontrôlée.

Le constat de la diversité des images dans les manuels de collège, supposées descriptives ou explicatives de la matière et de ses propriétés, nous avait incités à imaginer et à explorer la faisabilité d'activités d'élaboration de représentations iconiques par les élèves fonctionnant comme support de « modèles » de certaines propriétés de la matière. Le « modèle » devant être non dissocié de son référent « modèle de... » et non dissocié de sa fonction « modèle pour... ».

Il s'agissait de remplacer la connaissance formelle d'un ensemble d'images par la maîtrise d'outils de pensée adaptés aux besoins, de donner l'idée d'outil modifiable ajustable aux questions qu'on se pose (l'atome du cristallographe n'est pas l'atome du spectroscopiste).

C'est dans le champ des transformations physiques de la matière que nous avons pu expliciter (ref 1,3,6,10) les principes de ces activités de modélisation particulière de la matière.

- Principe de description commune initiale du référent. Il s'agit de préciser modèle de quoi et modèle pourquoi. Si il n'y a pas accord sur ce dont on veut rendre compte on ne peut plus discuter d'un modèle censé rendre compte. Le référent est un construit préalable.
- Principe de liberté maximum de représentations. Ce principe a conduit à imposer ce que nous avons appelé un « germe de modèle » : l'affirmation qu'il est possible de se représenter les propriétés de la matière (celles qu'on prend comme référence) avec un ensemble de particules qui ne peuvent ni se couper ni se déformer et qui gardent la même masse. Cette affirmation se situe dans le registre linguistique et convoque pourtant des images mentales de ce qu'on peut appeler « particule » compte tenu des qualificatifs associés. Indispensable pour faire germer des idées fructueuses de représentations symboliques multiples et pertinentes (ref 2), cette affirmation ne dit pourtant rien sur la façon dont on peut se représenter ...et n'est donc pas en soi un modèle. Elle n'est que porteuse en puissance d'un modèle qui reste à construire. Ce principe a conduit aussi à une restriction éventuelle de la description à des aspects dont l'enseignant est garant qu'on peut rendre compte d'une façon ou d'une autre avec des représentations iconiques.
- Principe de tâches de production de représentations iconiques, de discussion du caractère signifiant de leur caractéristiques pour accord sur la signification des caractéristiques. Chacun peut être renvoyé à des règles communes établies après discussion sur des critères explicites. Les représentations iconiques portent la création du modèle mais le modèle est « dans la tête » pas sur le papier. La communication pour s'assurer d'un modèle commun s'appuie sur les dessins et sur le langage. Les

dessins portent certains aspects que le langage seul n'aurait pas permis d'imaginer et inversement, les dessins statiques sont enrichis par le langage qui permet d'y associer des images mentales.

C'est le passage par une représentation iconique schématique qui génère des propriétés du modèle : qu'est ce qui est signifiant dans la représentation ? qu'est ce qui ne l'est pas mais qui pourrait le devenir si cela s'avère fructueux et si on se met d'accord pour qu'il en soit ainsi .

Il s'agit de se mettre d'accord et d'explicitier les arguments par opposition à donner un modèle comme s'il était un donné incontournable.

- Principe de « reprise amplifiante » (ref 6,8), jusqu'à rupture, en proposant des situations de référence successives sans perdre de vue les situations antérieures. Il s'agit alors d'enrichir les « objets du modèle » en ayant comme contrainte- donc comme moteur de réflexion- d'assurer la pérennité et la non contradiction.

Le caractère ajustable du modèle est alors très fort et l'abandon ne s'accepte qu'après constat d'impossibilité de gérer des contradictions. C'est ce qui s'est passé en proposant des phénomènes de référence incompatibles avec une description en termes de particules insécables (ref 7), permettant aux élèves l'identification d'un nouveau champ phénoménologique, celui des transformations que l'expert qualifie de « chimiques » et pour lesquels les élèves disposent aussi de descripteurs (ref 4,5).

Dans ce champ de phénomènes, le moteur de réflexion a été tout autant le langage que les dessins. C'est en tentant de rendre compatibles les noms des substances, compte tenu de la façon dont ils interprétaient cette syntaxe, et les dessins (représentations iconiques) qu'ils pouvaient produire dans le respect des règles antérieurement établies, que les élèves en sont arrivés à proposer la coupure des particules comme seule façon de résoudre les contradictions auxquelles ils étaient confrontés.

Ces activités proposées ont été contrôlées sur le plan épistémologique et expérimentées en classe -pour les transformations de la matière- ou avec des binômes au cours d'entretiens - pour les transformations chimiques.

Elle supposent un point de vue considérant que la description du monde réel peut être multiple et relève d'un consensus.

C'est à la fois le statut épistémologique d'un modèle particulière, son fonctionnement en tant que modèle d'une réalité, et la façon de le faire construire qui ont été travaillés.

La représentation partagée initialement est portée par des descripteurs dont la signification est construite et qui s'inscrit dans une théorie. Le projet qui conduit à l'élaboration d'outils de pensée sur la base de cette première description du référent peut être un projet explicatif d'une transformation, ou un projet de prévision, ou bien le projet d'unification d'une façon de penser ou de traiter, supposé contribuer à une économie de pensée même s'il est exigeant. Pour la compression d'un gaz, le projet était porté par la tentative de rendre conciliable une variation de volume et une non variation de masse.

On passe alors de la description initiale à une nouvelle description avec de nouveaux outils de pensée.

La construction de ces outils de pensée et la communication à leur sujet pour en assurer le partage donc la signification explicite, contrôlée, passe par l'utilisation de systèmes de

représentations symboliques dont il faut expliciter de façon précise les aspects signifiants ; certains aspects pouvant devenir signifiants en fonction des besoins.

Ce modèle est bien bricolable, ajustable en fonction du projet mais garanti non modifiable par glissement de sens caché puisqu'il est construit sur des critères explicites, discutables.

Cette construction s'appuie par ailleurs sur des cadres théoriques, des paradigmes, des modalités de traitement disponibles. On ne part pas de rien les outils de pensée sont importés ; toute description est portée par une grille de lecture (mécanique de Newton par exemple pour les particules ; mais la théorie des cordes tente de décrire le monde autrement).

Ces modèles peuvent se substituer aux description antérieures, conduisant à une nouvelle phénoménologie, écrasant au passage la distance entre le modèle et son objet donc le lien valant modèle lui même. Le modèle n'est alors qu'une construction transitoire.

De même qu'il peut y avoir plusieurs description d'un même référent, chacune s'inscrivant dans une théorie plus ou moins unifiante ou plus ou moins locale (le concept d'équilibre chimique est ainsi intégrateur de description plus locales, ref 9).

Ce n'est pas alors une distinction de nature ontologique mais une distinction qui peut être simplement conjoncturelle qui est pensée entre la description avec le registre du modèle et le registre empirique, qu'on décrit avec d'autres descripteurs: deux descriptions qui chacune s'inscrit dans un cadre théorique.

Je ne pense pas qu'on puisse mettre l'un en face de l'autre le monde réel et sa représentation scientifique.

Le statut des objets de pensée manipulés change au cours du temps, en fonction des besoins momentanés et de l'expertise acquise qui re-structure les théories et intègre les descripteurs ou en change de façon radicale.

Ce qui est référent à un moment n'est qu'une description première mais néanmoins partagée qui remplace la réalité qu'on ne connaît pas. Cette description est de toute façon partielle et peut être de différents types (mobilisant des codes symboliques ou autres). Cette description première peut être travaillée, affinée ou re-structurée parce que les questions qu'on pose ne sont pas les mêmes. C'est ces caractéristiques dynamiques et les relations entre différents registres à un moment donné qui sont portées par le schéma de la modélisation proposé par Martinand (ref 8).

Références

Chomat, A., Larcher, C. Méheut, M. (1988). Modèle particulière et activités de modélisation en classe de 4^{ème}. *ASTER*, 7, 143-184.

Chomat, A., Larcher, C. (1990). L'imaginaire dans la représentation de la matière. In A. Giordan, J.L. Martinand et C. Souchon (eds) *Actes des XII ièmes journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifique et industrielle : sciences techniques et imaginaire*. Paris : UF de Didactique des disciplines, université paris 7. pp 1232-132.

Larcher, C., Chomat, A., Méheut, M. (1990) A la recherche d'une stratégie pour modéliser la matière dans ses différents états. *Revue française de pédagogie*, 93, 51-61.

Stavridou, H. (1990) Le concept de réaction chimique dans l'enseignement secondaire. Etude des conceptions des élèves . Thèse : Paris 7.

- Solomonidou, C. (1991). Comment se représenter les substances et leurs interactions ? Etude chez de jeunes élèves de collège. Thèse Paris 7.
- Martinand, J.L. et al. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP
- Larcher, C., Chomat, A., Linéatte, C. (1994) D'une représentation à une autre pour modéliser la matière dans ses différents états. *ASTER*,18,119-140.
- Martinand, J.L. et al. (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences* . Paris : INRP
- Ganaras, K. (1998) Conceptualisation des équilibres chimiques. Thèse ENS Cachan.
- Larcher,C. (2000). Modélisation de la matière au cycle central du collège . Construction de modèles par la production et la discussion de dessins, en référence à des observations communes. *BUP*, 826, 1341-1367.

LA MODELISATION, AXE PRIORITAIRE D'UNE APPROCHE THEORIQUE SUR LES RELATIONS ENTRE APPRENTISSAGE ET ENSEIGNEMENT

Andrée TIBERGHIEU, Christian BUTY, Jean-François LE MARECHAL
UMR ICAR (équipe COAST)

Depuis plusieurs années, les processus de modélisation constituent un aspect très important des travaux de notre équipe de recherche. Le texte qui suit a pour visée de présenter comment cette approche par la modélisation est intégrée dans un cadre théorique didactique, c'est-à-dire explicitant des hypothèses d'apprentissage, une analyse épistémologique de la discipline (ici la physique) ainsi qu'une analyse didactique. Le découpage des savoirs ne peut en effet pas être isolé des hypothèses d'apprentissage.

L'étude des relations entre les situations d'enseignement et l'apprentissage des élèves est un axe de recherche essentiel de la didactique. Elle nécessite des choix théoriques sur les savoirs et sur l'apprentissage. Notre approche en matière d'apprentissage est socio-constructiviste au sens où nous nous appuyons sur les travaux de Vygotski sans éliminer ceux de Piaget. En accord avec Vergnaud (1999/2002), nous considérons que pour Vygotski "l'apprentissage précède le développement ; alors que Piaget voit plutôt le développement comme un système de conditions maturationnelles et expérientielles au travers desquelles l'apprentissage prend place. [...] [Pour Vygotski], on se développe parce qu'on rencontre la contingence" (p. 61). Ainsi, nous sommes dans la ligne de Vygotski en affirmant que l'apprentissage de la physique ne se ferait pas sans l'enseignement, et que la médiation aussi bien de l'adulte que du signe est déterminante dans cet apprentissage. Toutefois, nous nous appuyons sur la partie de la tradition piagétienne qui met l'accent sur le rôle essentiel de l'interaction de l'enfant avec le monde matériel.

Choix épistémologiques et hypothèses d'apprentissage spécifiques

Nous présentons ici nos hypothèses spécifiques sur les relations entre les savoirs des sciences physiques et l'apprentissage de ces savoirs. Nous posons que la construction du sens se fait par des *mises en relation* entre :

- différents éléments de savoir ;
- différentes représentations d'un "même" concept.

Notons que le terme de savoir est utilisé ici dans un sens large, il recouvre savoir et savoir-faire.

Relation entre différents éléments de savoir du point de vue de la modélisation

L'étude de la mise en relation entre différents éléments de savoir suppose que l'on a des critères pour décomposer le savoir. Pour présenter cette décomposition nous partons de la physique, puis nous passons au fonctionnement du physicien et à celui d'une personne dans la vie quotidienne.

Des mondes de la physique à ceux du physicien

Notre choix, d'ordre épistémologique, est fondé sur un aspect essentiel du fonctionnement de la physique : la modélisation du monde matériel inanimé. L'analyse de la modélisation en physique n'est pas développée ici, elle a été faite par des épistémologues (par exemple Bunge, 1973 ; Bachelard, 1975 ; Giere, 1988). Cette approche nous conduit à distinguer deux mondes : celui des objets et événements qui réfère au monde matériel inanimé, et celui des théories et modèles qui réfère aux aspects théoriques et aux modèles des situations matérielles étudiées.

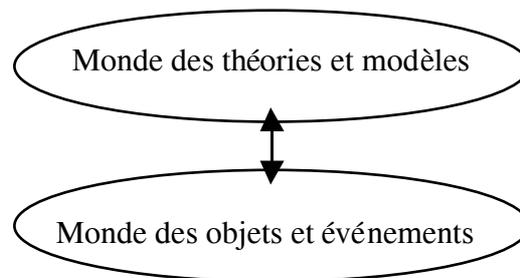


Figure 1 : Distinction entre deux mondes, fondée sur la modélisation en physique

Cette distinction, liée à l'objet d'étude de cette discipline, la matière inanimée, pourrait faire croire que l'on passe directement de la matière aux théories et modèles. Or le physicien décrit la situation matérielle en termes d'objets et d'événements ou encore de faits expérimentaux. La validation expérimentale s'appuie sur cette distinction ; de manière un peu caricaturale on peut dire qu'il y a confrontation entre des faits expérimentaux et leurs prévisions issues des théories et modèles. Pour étudier l'apprentissage de la physique, nous considérons qu'il est essentiel d'explicitier cette description du monde des objets et événements. Cette description va bien sûr dépendre des questions de recherches qui, elles-mêmes, sont liées aux théories.

Cette prise en compte de la description du champ expérimental nous conduit à distinguer, dans les productions des physiciens, les théories et les modèles des descriptions du champ expérimental. Il s'agit d'une grille d'analyse catégorisant des éléments de savoir.

Du physicien à une personne dans la vie quotidienne

Dans le cas des élèves ou plus généralement des personnes dans la vie quotidienne, nous posons que leurs explications ou leurs prédictions sont fondées sur leurs systèmes explicatifs que nous appelons cadres théoriques. Ce choix s'appuie sur les travaux relatifs aux théories naïves de la vie quotidienne ou des enfants (Carey 1985 ; Vosniadou, 1994). Les théories naïves, à la différence des théories et modèles scientifiques, ne sont pas explicites et conscientes ; elles ne sont donc en général pas soumises à débat. En revanche ces deux types de théories sont la base des explications et interprétations. Par exemple la causalité, au sens où un événement a une cause qui le précède, est un "principe théorique" fréquemment utilisé dans la vie quotidienne aussi bien par les enfants que par les adultes. Ce positionnement ne suppose pas qu'une personne ne s'appuie que sur un seul cadre théorique, celui-ci va dépendre des objets et événements en question et de la situation sociale.

Cette hypothèse du fonctionnement théorique nous conduit à considérer que l'activité de modélisation du monde matériel est aussi en œuvre dans la vie quotidienne. Nous faisons l'hypothèse que, lorsqu'une personne ou un groupe de personnes explique, interprète ou prédit

des situations matérielles, il y a une activité de modélisation de ces situations (Tiberghien, 2000).

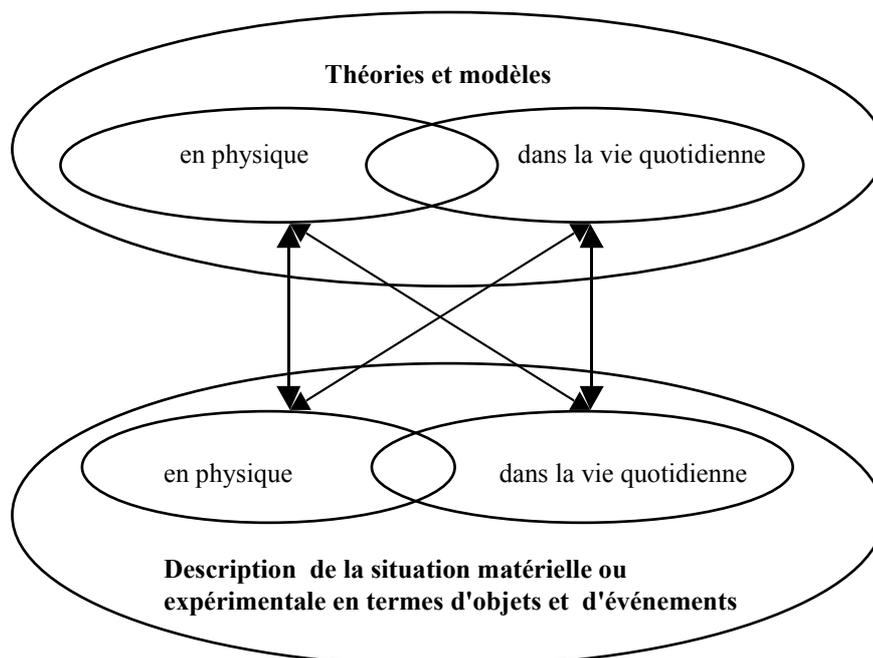
S'appuyer sur la modélisation pour analyser le fonctionnement des savoirs relatifs au monde matériel, qu'ils soient ceux du physicien, de l'élève ou de l'homme de la rue est un choix théorique qui a des conséquences méthodologiques importantes. Les savoirs qu'on a ainsi décomposés en deux grandes catégories, sont communiqués, discutés, débattus, par l'écrit, l'oral, les gestes. Ainsi, cette catégorisation, fondée sur la modélisation, est une base commune pour analyser le savoir à enseigner, le savoir effectivement enseigné et la compréhension par l'élève de ce savoir et du monde matériel.

Comparée à d'autres catégorisations, comme celle distinguant les connaissances procédurales et déclaratives, notre catégorisation est transversale. Un énoncé théorique ou une description d'objets ou d'événements peut être déclaratif ou procédural. Par exemple, la proposition "le crayon rouge est sur cette table" est déclarative et c'est une description des objets et événements. En revanche, la proposition "la force du système "crayon" sur le système "table" est égale à celle du système "table" sur le système "crayon"" est aussi déclarative, mais elle est théorique.

Double catégorisation des savoirs

Nous sommes ainsi conduits à établir une double distinction : celle entre savoir quotidien et savoir de la physique, et pour chacun de ces savoirs celle entre théories et description en termes d'objets et d'événements d'une situation matérielle (figure 2). Ainsi des propositions d'élèves en cours d'enseignement peuvent relever de toutes ces catégories. Cette décomposition similaire pour le savoir de la physique et le savoir quotidien permet de prendre en compte les difficultés et les évolutions des apprenants. En particulier, elle tient compte du fait que la description en termes d'objets et d'événements demandée dans l'enseignement de la physique n'est pas celle de la vie quotidienne même pour une situation familière. Il est nécessaire souvent d'introduire explicitement dans l'enseignement la description adéquate qui fait l'objet d'un apprentissage.

Figure 2 : les types de savoir à partir de l'analyse en termes de modélisation ; les flèches représentent les diverses mises en relation qu'un apprenant peut construire.



De plus, ce type de décomposition du savoir permet l'interprétation de caractéristiques essentielles des difficultés des élèves quand ils apprennent la physique, comme cela a été montré dans de nombreuses études sur les conceptions des élèves (Driver *et al.* 1985). Après l'enseignement, les élèves sont souvent capables de résoudre des problèmes de physique avec des formules et des calculs. En revanche, ils ne sont pas souvent capables de donner du sens physique à ces formules c'est-à-dire à les situer dans la théorie associée qui conduit aux relations entre grandeurs physiques et qui permet de prédire et interpréter des expériences. Notre approche de la modélisation permet l'interprétation de ces difficultés, qui portent majoritairement sur l'établissement des liens entre le monde des objets et événements et le monde de la théorie et modèle.

Ainsi, dans l'analyse des productions des élèves, nous considérons qu'il y a apprentissage quand l'élève construit des relations (Bécu-Robinault, 2003).

Hypothèses spécifiques associées aux représentations symboliques

La problématique des registres sémiotiques (Duval, 1995) semble en dehors du cadre de cette communication. Cependant nous souhaitons marquer ici que l'analyse en termes de modélisation et l'analyse en terme de registres sémiotiques sont deux dimensions de l'analyse des savoirs, différentes mais qui se complètent nécessairement.

Cette distinction des registres sémiotiques conduit aux hypothèses suivantes (Ainsworth & Bibby, 1996 ; Duval, 1995) :

- Un même concept peut être représenté de manières différentes, chaque représentation apportant une information spécifique à son sujet. C'est la compréhension de l'ensemble des représentations, et leur coordination, qui permettent de donner du sens au concept.
- Il faut également, pour coordonner les représentations de registres différents d'un même concept, que l'apprenant distingue le représentant de sa signification. Cette distinction permet un traitement formel des représentations, et de trouver une signification aux nouvelles représentations obtenues.
- Se contenter de proposer des représentations multiples sans mener d'activité visant à établir des liens entre ces représentations pourrait être contre-productif du point de vue de l'apprentissage.

Hypothèses spécifiques à partir de la théorie des situations

Nous souhaitons mentionner également que nous prenons en compte certains aspects de la théorie des situations de Brousseau (1998), le milieu et la dévolution.

Le milieu représente l'environnement sur lequel l'élève peut agir. Il doit donc avoir certaines propriétés pour permettre à l'élève "de construire de nouvelles connaissances" (nouvelles pour lui). En particulier il doit réagir, donner une réponse, aux actions de l'apprenant.

C'est l'élève qui assure la responsabilité de cette construction. Ainsi, le professeur dévolue à l'élève le "pouvoir" et la possibilité de construire de nouveaux éléments de savoir (ou savoir-faire). Ou encore comme l'écrit Brousseau (1998) : "La dévolution est l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage (adidactique) ou d'un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert (p. 303)." L'importance de ce choix théorique de concevoir une situation, qui conduise l'élève à pouvoir agir sur un milieu, rejoint le point de vue de Vergnaud (2000) que nous avons donné

ci-dessus. Pour Vergnaud, dans sa théorie des situations Brousseau propose "l'organisation des perturbations, en vue de provoquer l'apprentissage".

Prétendre cependant qu'il suffit d'organiser un milieu et la dévolution d'un problème pour que les élèves construisent des savoirs conformes à ceux des sciences physiques, c'est, en particulier, négliger le caractère collectivement construit, culturel et social, de ces derniers. Il y a nécessairement un moment où l'enseignant doit se livrer à une institutionnalisation, qui s'appuie certes sur l'activité et la construction de sens réalisées par les élèves (et qui sera d'autant plus efficace qu'elle reprendra réellement ces éléments), mais pour les expliciter et leur donner le statut de concepts applicables dans d'autres situations.

Quelques conséquences pour la construction de séquences d'enseignement

Les hypothèses qui ont été passées en revue précédemment peuvent servir de guide général pour construire des situations (ou des séquences) d'enseignement.

Par exemple, l'idée selon laquelle la difficulté de l'apprentissage des sciences physiques réside dans la mise en relation de deux mondes oriente à la fois la construction de séquences et le discours de l'enseignant. C'est ainsi que la mise en place de « modèles matérialisés », informatisés (Buty, 2000, à paraître) ou non (Quintana-Robles, 1997), a été tentée pour faciliter cette mise en relation. De même, le choix d'articuler un discours de modélisation et différents registres sémiotiques a guidé des travaux sur l'utilisation de simulations informatiques (Séjourné, 2001 ; Vince, 2000).

Il faut également souligner que l'approche présentée a été adaptée au cas de la chimie (Le Maréchal, 1999).

Références

- Ainsworth, S. Wood, D. / Bibby, P. (1996) : Co-ordinating multiple representations in computer based learning environments, *Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence and Education*, Lisbon.
- Bachelard, G. (1975) : *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- Bécu-Robinault, K. (2003). Modelling activities of students during a traditional labowork. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 51-64). Dordrecht: Kluwer academic publishers.
- Brousseau, G. (1998) : *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Bunge, M. (1973) : *Method and matter*. Dordrecht-Holland.: D. Deidel publishing company.
- Buty C. (2000). Etude d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique à l'aide d'une modélisation informatique. Thèse de Sciences de l'éducation, Université Lumière-Lyon II.
- Buty C. (à paraître). Richesses et limites d'un « modèle matérialisé » informatisé en optique géométrique. *A paraître dans Didaskalia*.
- Carey, S. (1985) : *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. éd.s. : (1985) : *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Duval, R. (1995) : *Sémiosis et pensée humaine, registres sémiotiques et apprentissage intellectuels*. Berne: Peter Lang.

- Giere, R. N. (1988) : *Explaining science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Le Maréchal J.F. (1999). Design of Chemistry Labwork Activities Aiming at Teaching Basic Chemical Concepts. In Méheut M. and Rebmann G. (Eds), *Theory, Methodology and Results of Research in Science Education*. 4th ESERA Summer School, pp.68-81.
- Le Maréchal J-F., Buty C., Tiberghien A. (1999). Teaching situations based on a modelling approach. In M. Komorek, H. Behrend, H. Dahncke, R. Duit, W. Graber, A. Kross (eds.), *Proceedings of the second international conference of ESERA*, Kiel, pp. 174-177.
- Quintana-Robles M. (1997). *Etude didactique de films comme aide pour l'enseignement de la physique. Cas de l'expansion des gaz*. Thèse, Université Claude Bernard-Lyon I.
- Séjourné, A. (2001) : *Conception d'un hypermédia et analyses de l'influence de l'organisation des contenus sur l'activité des élèves : Le cas de "Labdoc Son et Vibrations"*. Thèse en Sciences de l'éducation, Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Tiberghien, A. (2000) : Designing teaching situations in the secondary school. In Millar, R., / Leach, J., / Osborne, J., eds., *Improving science education: The contribution of research* (pp. 27-47) : Buckingham, UK: Open University Press.
- Vergnaud, G. (2000) : *Lev Vygotski. Pédagogue et penseur de notre temps*. Paris : Hachette éducation.
- Vergnaud, G. (1999/2002) : On n'a jamais fini de relire Vygotski et Piaget. In Clot, Y., éd., *Avec Vygotski* (pp. 55-68) : Paris : La Dispute.
- Vince, J. (2000) : *Approches phénoménologique et linguistique des connaissances des élèves de seconde sur le son. Contribution à l'élaboration et l'analyse d'un enseignement et au développement d'un logiciel de simulation*. Thèse, Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Vosnadiou, S. (1994) : Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.

MODELISATION, PROBLEMATISATION ET APPRENTISSAGES SCIENTIFIQUES

Christian ORANGE

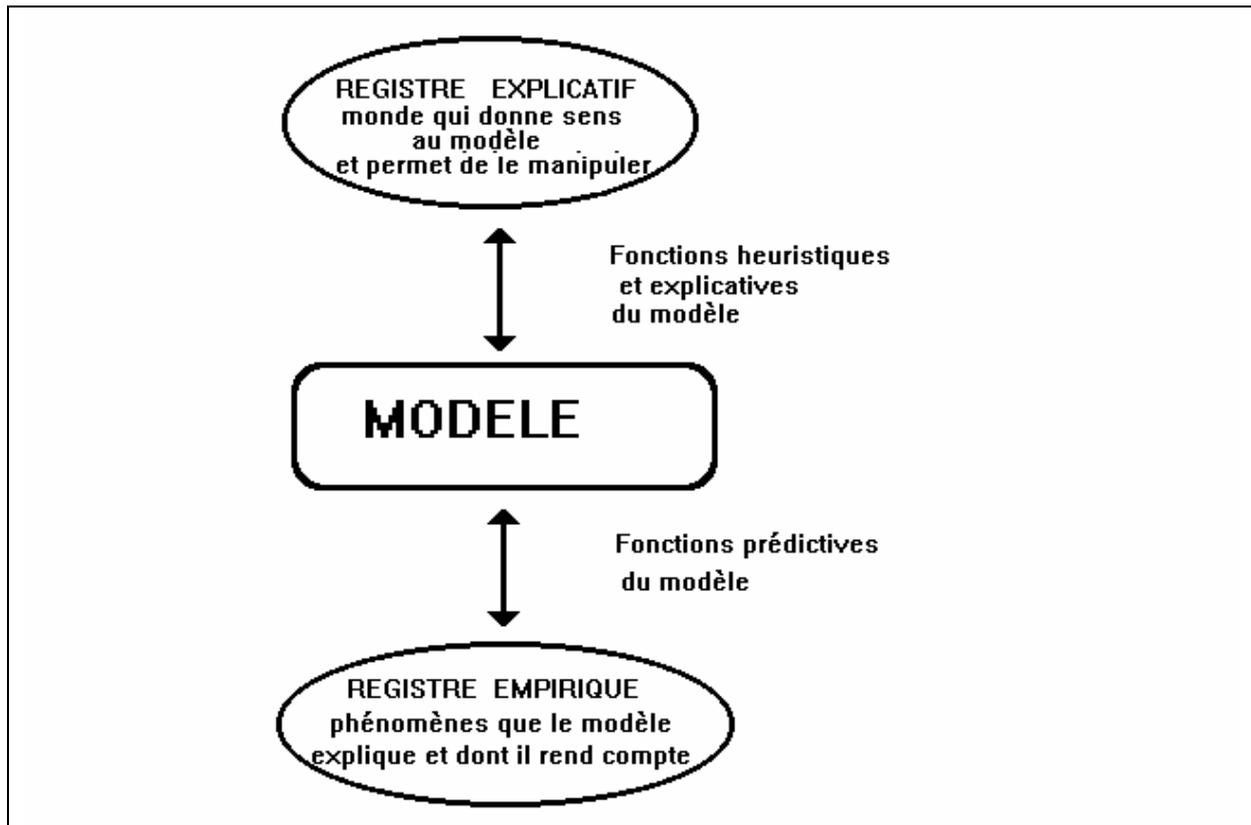
IUFM des Pays de la Loire
CREN Université de Nantes

Les recherches de didactique des SVT menées depuis plusieurs années (au CREN, et à l'IUFM des Pays de la Loire, en association avec l'INRP) s'intéressent à la modélisation en lui donnant une place privilégiée dans les savoirs et les apprentissages scientifiques. Nous pouvons résumer notre position didactique sur les modèles et la modélisation en quelques points :

1. Activité scientifique et construction de modèles

- 1) L'activité scientifique vise avant tout à traiter des problèmes explicatifs, à produire des explications (voir Popper, Toulmin mais aussi Bachelard et Canguilhem).
- 2) La notion d'explication n'est pas claire épistémologiquement, ce qui ne l'empêche pas d'organiser le travail scientifique. Sans vouloir en réduire la complexité, on peut poser, au moins en SVT, une grande proximité entre explication et modélisation.
- 3) Modéliser consiste à mettre en relation un domaine empirique (registre empirique) et un domaine où s'élabore le modèle (registre des modèles). Cette position est proche de celle que développe JL Martinand (1992) dans son premier schéma de la modélisation.
- 4) Ces deux registres sont construits, ce qui veut dire d'une part que le registre empirique n'est pas donné, mais s'élabore progressivement comme se développe la modélisation et la problématisation (voir ci-dessous) ; d'autre part qu'un « objet » scientifique n'est pas absolument dans un registre ou dans un autre. Dans un certain cadre problématique, par exemple celui de Boltzmann, les molécules de gaz appartiennent au registre des modèles ; dans un autre, où un dispositif de mesure des vitesses de ces molécules serait construit et où on voudrait expliquer la répartition de ces vitesses, elles font partie du registre empirique.
- 5) La construction des modèles se fait dans un cadre qui permet de les faire fonctionner intellectuellement et leur donne leur pouvoir explicatif. Ce cadre a souvent fait, dans l'histoire des Sciences, l'objet de discussions vives. Un modèle de gaz en termes de molécules est-il acceptable (voir les débats à la fin du 19^e siècle) ? Est-il satisfaisant d'expliquer un écosystème par un modèle à compartiments, où doit-on plutôt faire figurer dans l'explication la variété des organismes impliqués (débats de la fin du 20^e siècle) ? Ce cadre, nous l'appelons « registre explicatif », pour insister sur ses liens forts, bien que non exclusifs, avec l'idée d'explication ; il possède des composantes techniques (capacité à « manipuler » intellectuellement un type de modèles) et des composantes métaphysiques.

L'ensemble de ces considérations conduit au schéma de la modélisation que nous avons proposé en 1992 :



2. Modélisation et problématisation

- 1) Si la recherche et la construction d'explications sont centrales en sciences, elles ne suffisent pas à caractériser les savoirs scientifiques. Se pose en particulier la question du « régime de vérité » des modèles explicatifs construits :
 - Ils ne sont pas entièrement déterminés par le registre empirique : Popper a bien rappelé les faiblesses de la position inductiviste. D'ailleurs, nous avons signalé plus haut que le registre empirique n'est aucunement donné mais construit par le processus de modélisation.
 - Ce ne sont pas de simples conventions, si l'on suit Bachelard sur le fait que les savoirs scientifiques ont un certain caractère de nécessité ; ils sont, en partie au moins, « apodictiques ».

- 2) Cela conduit alors à mettre la modélisation scientifique en relation étroite avec la problématisation. Construire un modèle ne se limite pas à trouver une explication *ad hoc* (ou « de convention ») à un ensemble de faits ou de phénomènes ; cela consiste à identifier, dans un cadre paradigmatique donné, un ensemble en tension de conditions de possibilité des modèles et de contraintes empiriques pertinentes. Ainsi, construire une explication de la nutrition animale ne peut se limiter à développer un modèle de cette nutrition qui semble rendre compte d'un certain nombre de faits. C'est aussi (surtout ?) identifier quelques conditions de possibilités (nécessités) de cette nutrition : la nécessité d'une distribution à partir des entrées alimentaires ; la nécessité d'une transformation de ces entrées ; et la nécessité d'un « tri » entre des éléments distribués et d'autres rejetés. Une telle problématisation est à la fois moins qu'une modélisation (elle ne livre pas **un** modèle) et plus, dans la mesure où elle est valable pour la nutrition de tous les animaux.

- 3) Mettre en avant la problématisation dans l'activité et les apprentissages scientifiques donne un éclairage autre de la modélisation. Un tel cadre théorique peut s'utiliser aussi bien pour étudier la construction historique des savoirs scientifiques que pour suivre des situations d'apprentissage favorisant la problématisation (débat scientifiques dans la classe par exemple).

Références

- Bachelard G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin. (1986)
- Bachelard G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Paris : P.U.F. (1986)
- Bachelard S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles in Delattre P. & Thellier M. (éd.). *Elaboration et justification des modèles*. Paris : Maloine.
- Canguilhem G. (1955). *La formation du concept de réflexe aux XVII^e et XVIII^e siècles*. Paris : P.U.F.
- Canguilhem, G. (1983). *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Vrin.
- Duhem, P. (1914). *La théorie physique, son objet - sa structure*. Paris : Chevalier & Rivière (fac-similé 1989, Paris : Vrin).
- Fabre, M. & Orange, C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *ASTER*, 24, pp 28-38.
- Fabre, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : P.U.F.
- Martinand, J.-L. (1992). Présentation in *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie; quels apprentissages pour le lycée?*, Paris : P.U.F. coll. l'Educateur.
- Orange, C. (1999) Les fonctions didactiques du débat scientifique dans la classe : faire évoluer les représentations ou construire des raisons? in *Actes des Premières journées scientifiques de l'ARDIST*, Cachan, novembre 99
- Orange, C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les Sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle*, 35, 1, 25-42
- Popper, K. (1985). *Conjectures et réfutations*. Paris : Payot (éd. originale, 1963).
- Popper, K. (1991). *La connaissance objective*. Paris : Aubier (éd. originale, 1972).
- Toulmin, St. E. (1973). *L'explication scientifique*. Paris : Armand Colin (éd. originale, 1961).

**INTERACTIONS RECHERCHE-FORMATION
DES ENSEIGNANTS**

Animée par Maryline COQUIDE

CONTRIBUTION A LA TABLE RONDE « INTERACTIONS RECHERCHE - FORMATION DES ENSEIGNANTS »

J. VINCE, C. BUTY, J. F. LE MARECHAL, P. GAIDIOZ, A. TIBERGHIEU
ICAR (équipe ADIS) - CNRS - Université Lyon 2

1. Introduction

La diffusion des travaux de recherche en didactique et leur appropriation par les praticiens que sont les enseignants restent un réel enjeu des années à venir, à la fois pour la recherche et pour la pratique enseignante.

La didactique n'échappe pas à la difficulté de communication entre chercheurs et praticiens, les objectifs et les rythmes de travail étant très différents. Le contenu de la communication et ses modalités restent encore à largement développer. De plus, la question d'une formation par la didactique, aussi bien initiale que continue, à côté de la formation disciplinaire, est suffisamment vaste pour recouvrir différentes perspectives.

La présente contribution s'inscrit dans cette perspective innovante, en mettant l'accent sur la formation continue.

Nous présentons tout d'abord, à partir d'une expérience d'une décennie de travaux de recherche-développement, les idées de base de ces travaux puis nous discutons des types de productions réalisées avant d'analyser les processus d'élaboration de ces productions.

2. Idées de bases des travaux de recherche-développement

Depuis dix ans, à Lyon, notre équipe a mené différents projets successifs de recherche-développement, qui visent à produire des documents ou matériaux d'enseignement (allant de texte à des produits informatiques ou à des expériences de laboratoire). Le choix de base est que l'essentiel de cette production doit à la fois :

- être directement opératoire pour la pratique de l'enseignement ;
- bénéficier de tous les résultats de recherche disponibles au moment de leur conception.

Ces deux qualités ne sont pas facilement compatibles. Nous avons choisi de les rendre compatibles "dans l'action", au sens où la conception et la réalisation des productions se font dans une collaboration entre chercheurs et enseignants.

Ce choix de production vient d'une analyse de l'écart entre résultats de recherche et pratique professionnelle. De façon générale, dans une logique de recherche-développement, les concepteurs des "instruments" (au sens large) utilisés par les professionnels doivent prendre en compte des résultats de recherche d'origine diverse pour que ces instruments soient fonctionnels dans la pratique. En ce sens ces instruments incorporent les résultats de recherche. Dans le cas de la didactique, les instruments que sont les matériaux d'enseignement mettent en jeu, par exemple, les travaux sur : les conceptions des élèves, des analyses épistémologiques sur le savoir, des hypothèses d'apprentissage, des hypothèses sur le langage, etc. De plus ces matériaux doivent être utilisables par l'enseignant, son expérience professionnelle doit donc pouvoir jouer un rôle déterminant dans leur mise au point.

Ainsi, le travail conjoint et la complémentarité des différentes compétences des chercheurs et des enseignants permettent cette instrumentation « didactique ». Les enseignants participant à

cette recherche-développement contribuent à la conception des outils et à leur mise en œuvre, ce qui conduit à des critiques pertinentes et constructives ; ils assurent également un regard critique et vigilant sur le transfert et l'utilité des documents proposés à un enseignant quelconque. Les chercheurs apportent des fondements théoriques et ainsi donnent une généralité et une possibilité de transfert aux productions réalisées.

Nous explicitons très succinctement ci-dessous les choix théoriques qui fondent la production de nos documents (pour une présentation plus détaillée voir Buty et al. (soumis)). Si d'autres résultats de recherche, qui ne sont pas directement dans ce cadre, semblent utiles aux productions, nous les prenons en compte, notre approche restant toujours pragmatique.

Notre cadre théorique concerne pour l'essentiel la modélisation en physique et en chimie et l'articulation entre différents registres sémiotiques ainsi que les recherches associées relatives à l'apprentissage. Dans le même temps, nous adoptons une conception de l'enseignement centré sur l'élève et qui vise à ce que l'élève construise du sens aux concepts et ne se limite pas à l'acquisition de techniques ou d'algorithmes. Les documents produits visent à aider l'enseignant à analyser le contenu de l'enseignement pour lui-même en se mettant à la place de l'élève, en cherchant à adopter son point de vue. Ceci exige de sa part de mettre à distance ce qu'il sait en physique et en chimie et d'adopter un autre fonctionnement que celui dont il a l'habitude. En effet, son savoir lui met en quelque sorte des œillères et l'empêche de prévoir ce que l'élève est capable d'imaginer à propos d'une question donnée. Ce savoir lui dicte le choix des expériences et des questions et fournit les critères des bonnes réponses. Cela induit l'impression d'arbitraire que l'élève éprouve souvent en cours de physique et de chimie car lui ne dispose pas de toutes ces connaissances. Dans la démarche que nous proposons intervient largement notre connaissance du fonctionnement de l'élève et pas seulement celle du savoir comme c'est le cas habituel dans l'enseignement. Cette démarche demande de la part de l'enseignant une autre forme de réflexion que celle qu'il a développée dans ses études et requiert du temps. Elle modifie son rôle dans la classe et change sa façon d'enseigner. Pour l'aider à modifier sa pratique, nous avons cherché à rendre opérationnels les choix que nous avons faits.

Ce travail de recherche-développement oriente également le travail du chercheur. Certaines des séquences d'enseignement élaborées donnent lieu à des travaux de recherche et facilitent bien souvent le recueil de données en situation de classe. De nouvelles questions de recherche émergent également de l'observation des élèves en train de travailler sur les activités que nous avons élaborées ou reprises de travaux antérieurs.

3. Différents types de productions

Depuis dix ans, la nature de nos productions a fortement évolué, d'une part en fonction de la demande des utilisateurs, d'autre part du fait de l'influence et de l'apport des nouvelles recherches. Nous donnons ci-après un historique rapide de la nature de ces productions.

Les premiers groupes de recherche-développement ont produit une séquence d'enseignement sur un thème (énergie en 1^{ère} S) avec des documents destinés au professeur très développés (Gaidioz et al., 1998). Des recherches étaient directement en lien avec cette production (par exemple Bécu-Robinault, 1997). Ce groupe était très soutenu par l'inspection pédagogique régionale et a bénéficié d'une diffusion académique (documents « papiers » et formations MAFPEN dans l'Académie de Lyon).

Les groupes suivants se sont centrés sur la création de TP sur différents thèmes de physique et de chimie, correspondants à différents sous-groupes de travail. La diffusion s'est faite sous forme de documents disponible sur le site académique et a donné lieu à des stages de

formation organisés par l'inspection pédagogique régionale lors de la mise en place des nouveaux programmes du lycée.

Une étape a été franchie quand dans un nouveau projet¹, il ne s'agissait plus seulement de produire des documents directement associés à un contenu d'enseignement mais des "outils" pour aider les enseignants à concevoir et à analyser leur enseignement. Ainsi nous cherchions à aider l'enseignant à prendre en compte et à mettre en œuvre une grande *variété* d'activités scientifiques et à favoriser le plus possible l'apprentissage des élèves (Gaidioz et al., 2003).

Dans ce projet, nous avons mis au point quatre types d'outils pour les enseignants.

- Le premier est directement issu du cadre théorique de la recherche puisqu'il permet d'analyser des savoirs à enseigner sur l'ensemble d'une séquence ou pour chaque activité (catégorisation objets/événements - modèle, catégorisation savoir de la physique – savoir quotidien, catégorisation savoir connu – savoir à construire) ainsi que les savoirs supposés de l'élève.
- Les trois autres types d'outils ont été élaborés à la fois à partir de divers résultats de la recherche et de l'expérience professionnelle des enseignants :
 - Les deux premiers types sont indépendants du contenu d'enseignement :
 - La toile de fond permet à l'enseignant de donner des repères à l'élève, de prévoir ses difficultés et de gérer sa classe et les modalités de travail de l'élève (Gaidioz et al. 2003 à paraître).
 - Les balises qui fonctionnent comme des panneaux de signalisation attirant l'attention de l'enseignant pendant son travail de préparation et aussi pendant ses cours, par exemple lorsqu'il doit réaliser ou faire réaliser une expérience, rédiger des documents écrits, préparer une intervention orale, etc. Ces balises peuvent fonctionner *a priori* indépendamment du contenu disciplinaire, tout en restant spécifiques à la physique et la chimie. À chaque balise sont alors associés des risques et des atouts que l'enseignant devra avoir en tête chaque fois qu'il rencontrera ce type de situation.
 - Le troisième type est associé à un contenu spécifique d'enseignement :
 - Les séquences d'enseignement proposent des activités pour les élèves associés à des commentaires pour les professeurs. Ces commentaires ont fait l'objet d'un travail spécifique qui a conduit à en proposer une structuration (Buty et al., soumis). Ces séquences d'enseignement ont été mises en œuvre par les professeurs membres du groupe dans leur enseignement habituel. Certaines d'entre elles ont fait l'objet de recherches qui portent sur le fonctionnement des élèves pendant l'enseignement relatif à la conceptualisation. Ces recherches ont contribué à l'amélioration de ces séquences l'année suivante. On est là dans un processus itératif. Tous ces documents sont mis en ligne sur le site internet de l'Académie de Lyon².

Cette diversité des outils proposés s'accompagne d'une classification de fait selon les objectifs de l'utilisateur (enseignant désirant enseigner un sujet précis, enseignant désirant des compléments didactiques, formateur...). Ceci permet en outre à l'enseignant de choisir par lui-même sa modalité d'entrée dans les outils et documents proposés :

- entrée par les séquences d'enseignement pour un contenu disciplinaire donné ;
- entrée par les hypothèses d'apprentissage et l'épistémologie sous-jacente ;
- entrée par le type de gestion de la classe induit par les séquences proposées.

¹ Ce projet, soutenu par l'INRP, a été mené en collaboration avec une équipe grenobloise et une équipe parisienne.

² <http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/>

La cohérence de l'ensemble des documents proposés et l'explicitation de leur nature permettent également à l'enseignant de glisser d'un type d'outils à un autre. Par exemple à partir du document destiné à l'élève et des commentaires liés à la séquence, on peut susciter chez l'enseignant l'envie d'aller étudier un point de vue indépendant du contenu d'enseignement en physique ou chimie qu'il pourra alors de sa propre initiative réinvestir sur un autre sujet ou avec une autre classe : on est bien là dans une démarche de formation par l'action.

La présentation en hypertexte des différents types d'outils est à ce sujet indispensable : une lecture exhaustive des outils les plus théoriques n'aurait ni sens ni efficacité alors qu'ils peuvent être appréhendés de façon fructueuse par morceaux, en référence à une situation d'enseignement vécue ou à vivre. Cette structuration pour une mise en ligne efficace³ a constitué une partie du travail réalisé conjointement avec des équipes belges et marocaines (projet *fond francophone des inforoutes*).

4. Analyse des processus d'élaboration des productions

Actuellement, le travail de production se fait en petite équipe (un ou deux chercheurs pour trois ou quatre enseignants) sur des contenus spécifiques des programmes en vigueur (réaction chimique, conductimétrie, espèces chimiques en solution, optique, mécanique, gaz, énergie par exemple). Chacune de ces équipes est pilotée par un chercheur et un enseignant ayant un intérêt pour la didactique. Les professeurs membres de l'équipe expérimentent les séquences conçues dans les différents groupes avant diffusion.

Grâce à des réunions plénières, la mise au point des outils transversaux et donc décontextualisés peut avoir lieu.

Dans l'élaboration des outils décrits ci-dessus, il est apparu trois processus selon l'articulation entre la recherche et les pratiques professionnelles.

Dans le processus 1, les productions faites par le groupe exploitent directement des résultats de recherche en didactique qui sont mis en forme pour les enseignants (Gaidioz et Tiberghien, 2003).

Dans le processus 2, les enseignants du groupe et les chercheurs, partageant les mêmes hypothèses de recherche, développent des documents pour enseigner dans le cadre des programmes. Chacun exerce un contrôle sur l'autre (par exemple vigilance des professeurs sur la durée, la faisabilité, la compréhension des textes par les élèves, vigilance des chercheurs sur la cohérence des savoirs en jeu par rapport à l'articulation modèle - champ expérimental, sur le niveau de langage (commun, scientifique)). L'élaboration de séquences d'enseignement et de commentaires associés relève de ce processus.

Dans le processus 3, les productions sont "intrinsèquement" dues à la collaboration entre enseignants et chercheurs. Ces productions ne sont pas liées à un contenu d'enseignement précis, mais portent sur la pratique des enseignants de sciences physiques. Il s'agit alors de donner des "outils" qui incorporent les résultats de recherche tout en étant suffisamment généraux (dégagé d'un contenu spécifique) pour être effectivement utilisables par l'enseignant qui ne connaît que peu de didactique. L'enseignant s'approprie les hypothèses et les résultats de recherche et essaie de les traduire dans sa pratique d'enseignement, en particulier lorsqu'il essaie de comprendre ce qui se passe dans sa classe ou une difficulté particulière de l'élève. Le chercheur aide l'enseignant à expliciter ses pratiques avec en tête les hypothèses et les résultats des recherches. L'enseignant assure une première rédaction de ces "outils". Il y a

³ <http://nte.univ-lyon1.fr/pegase>

ensuite une interaction avec les autres enseignants et chercheurs, au cours de nombreuses discussions. C'est ainsi qu'ont émergé les balises mentionnées plus haut (Gaidioz et al., à paraître). Par exemple nous avons défini une balise nommée « expériences en apparence élémentaires ». Cette formulation est issue d'une analyse des enseignants qui ont trouvé que ces expériences jouaient un rôle important dans leur enseignement, en particulier au début de l'introduction de nouvelles notions. Cette prise de conscience a amené à faire une catégorie de ce type d'expériences ce qui a conduit le chercheur à en approfondir l'analyse.

5. Conclusion

Les projets de recherche-développement mis à l'œuvre à Lyon depuis dix ans ont donc conduit à de nombreuses productions. Notre propre pratique de production sert de base à une analyse du fonctionnement d'un tel groupe dans une logique de formation, d'une part des enseignants concepteurs des documents proposés, d'autre part des enseignants utilisateurs. Les différents projets ont suffisamment évolué pour que nous puissions maintenant dégager quelques traits qui nous paraissent les caractériser.

Du point de vue de la formation, les documents produits, forcément très différents d'un article de recherche, sont de natures très variées pour permettre à l'enseignant utilisateur une grande variété d'approches (documents pour l'élève, commentaires pour le professeur, outils généraux, idées de base du travail...).

Du point de vue de la recherche, la collaboration entre enseignants et chercheurs permet :

- une remise en forme de certains résultats de la recherche qui peuvent être fonctionnels ;
- une mise en relation de résultats de recherche qui n'aurait probablement pas lieu sans ce travail et cet échange ;
- l'émergence de nouvelles questions de recherche.

Ces influences mutuelles, l'échange des pratiques nous paraissent ainsi être un moyen efficace pour diffuser des résultats de la recherche vers la pratique enseignante mais aussi d'enrichir les questions posées à la recherche.

Références

BECU-ROBINAULT, K. (1997). Rôle de l'expérience en classe de physique dans l'acquisition des connaissances sur les phénomènes énergétiques. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon 1, mars 1997

BUTY, C., TIBERGHIE, A. & LE MARECHAL, J.F. (soumis). Learning hypotheses and associated tools to design and to analyse teaching-learning sequences

GAIDIOZ, P., MONNERET, A. TIBERGHIE, A. & al. (1998). Introduction à l'énergie. Collection : Appliquer le programme. Lyon : CRDP de Lyon.

GAIDIOZ, P. & TIBERGHIE, A. (2003). Un outil d'enseignement privilégiant la modélisation. BUP n°850, vol. 97, janvier 2003

GAIDIOZ, P., TIBERGHIE, A., RICHOUX, H., DARLEY, B., GUILLAUD, J.C., ROBARDET, G., BEAUFILS, D., BUTY, C. & LE MARÉCHAL, J. F. (2003). Conception et analyses d'activités pour la formation scientifique. Rapport final du projet INRP n° 30214.

GAIDIOZ, P. VINCE, J. & TIBERGHIE, A. (à paraître en 2003) Privilégier la modélisation : des outils d'enseignement pour aider l'élève. BUP

LA FORMATION ... OBJET DE RECHERCHE !

Jacques TOUSSAINT

On entend de partout, on entendra encore longtemps, et à juste titre que « les résultats de la recherche doivent alimenter la formation et l'enseignement ». C'est juste, et tout particulièrement dans les domaines scientifiques ; c'est vrai aussi pour les recherches en didactique, je ne vous l'apprendrai pas !

Mais l'existence de résultats de recherche est rarement suffisante pour justifier une formation qui, en didactique surtout, ne soit pas étroitement liée au contexte de la classe. Les réactions des formés à qui l'on propose des modules de 60 voire 90 heures de didactique au cours de leur année de formation professionnelle, sont particulièrement éclairantes à cet égard ; et je ne parle là que des réactions sensées.

Je voudrais donc prendre, pour ma part, le thème de cette Table ronde « Recherche et formation » dans l'autre sens : « Formation et recherche ... pour indiquer que la formation peut aussi, doit être un objet de recherche. C'est en tout cas l'orientation que certains prennent, en particulier une petite équipe à l'IUFM de Lyon ; et je voudrais m'appuyer ici sur les premiers éléments de la réflexion qui démarre.

Je n'évoquerai, dans ce court exposé qui veut poser des questions, que le volet « mémoires professionnels » de ce travail, car les mémoires constituent une traduction écrite facilement accessible de la professionnalité en construction des nouveaux enseignants. Deux autres volets complètent le travail de l'équipe, les visites des stagiaires, qui sont des moments éphémères (mais que l'on peut enregistrer pour en garder les traces essentielles), et la circulation sur la Toile (le web), qu'utilisent de plus en plus les stagiaires, mais dont les parcours sont difficilement repérables, sauf par des observations collaboratrices. Ces trois moments sont particulièrement forts dans la formation, pour mériter notre étude attentive, et constituer l'essentiel de notre corpus. Ils sont, sans équivoque, des moments où les stagiaires mettent en œuvre leur professionnalité en cours d'élaboration, et y témoignent de la formation qu'ils reçoivent.

1. Interroger la formation, un acte de recherche didactique.

→ *ce que peuvent apporter les mémoires : en quoi leur analyse peut éclairer ... le chercheur*

Pour reprendre le titre d'un article de Françoise Cros, le mémoire professionnel est « un moyen du développement des capacités à acquérir des compétences professionnelles » ; et si le terme de compétences se limite pour elle à des savoir-faire, nous ajouterons volontiers, des savoirs, au sens large, en particulier tout ce que peut apporter la didactique dans la construction de cette professionnalité. Cet article fait le point sur un ensemble d'actions de recherche portant toutes sur cet « objet », alors exotique dans la formation des maîtres ». De nombreuses caractéristiques, générales, ont émergé de ces travaux (voir, par exemple, l'ouvrage de F. Gomez, « Le mémoire professionnel »), que de très nombreux formateurs ont intégré ; mais aucun de ces travaux (de recherche) n'a cherché à analyser une réelle implication disciplinaire de ces objets. Cette formation, dans sa composante didactique, aborde cependant, sous diverses formes, des éléments comme l'analyse des erreurs des élèves, l'étude des conceptions de ces élèves, la recherche des différents types de raisonnement (causal, séquentiel etc...), la gestion de l'hétérogénéité, celle de l'autonomie, l'approche couplée entre l'Histoire des sciences et l'épistémologie ; il y a là, pourtant, autant de critères

de définition d'une matrice curriculaire de la physique, que chaque enseignant se construit, comme support personnel des connaissances à transmettre.

Ce point de vue est repris par M. Altet et M. Fabre dans un autre article du même numéro de Recherche et Formation, et il existait déjà chez G. Malglaive : le mémoire professionnel articule deux logiques, celle des savoirs (la logique épistémique des contenus et des méthodes) et celle des situations (la logique socioprofessionnelle).

Cette articulation, les stagiaires la vivent constamment au long de l'alternance entre la prise en charge de(s) classe(s) et les lieux de formation (IUFM et établissement) ; les formateurs doivent la prendre en compte, et l'analyse des mémoires professionnels est une entrée privilégiée. Mais si ce travail est un travail de recherche, il doit forcément être relié à une action (continué) de formation des formateurs impliqués (chercheurs ou non) ; les participants sont donc autant membres d'équipes de recherches ou laboratoires, qu'enseignant dans un établissement scolaire : on est dans un cadre de recherche contextualisée.

C'est, en tout cas, le point de vue des participants de la petite équipe de Lyon, et l'hypothèse que nous faisons pour ce travail peut s'exprimer comme : l'analyse d'un ensemble de mémoires sur plusieurs années d'une même filière doit permettre d'identifier la stratégie de formation par le mémoire que les stagiaires acceptent de mettre en place. Nous proposons « d'exemplifier » cette thèse ici, dans le contexte précis des sciences physiques, qu'elles soient domaine d'un enseignement général (en Collège et LEGT) ou professionnel (en LEP, comme sous une forme d'initiation (dans l'enseignement du premier degré).

2. Des retours qui éclairent

→ Quelle « didactique » pour la formation - Exemple d'un résultat d'analyse (Alceste) d'un mémoire ; relation avec les contenus (affichés ... ou non) de la formation

La recherche en question démarre, et je ne la détaillerai pas ; toutefois, un des premiers résultats (préliminaire, à ce jour d'écriture) obtenu lors de l'analyse de contenus d'un mémoire professionnel par le logiciel ALCESTE me serviront d'argument. Deux remarques pour relativiser ces résultats : la recherche qui débute souhaite tester le logiciel dans ses possibilités et ce premier résultat est encourageant, sans plus ; le mémoire soumis à cette analyse (« Situation problème en chimie, dans une classe de seconde, sur la classification périodique réduite des éléments chimiques ») a l'intérêt premier d'être disponible sous sa forme numérisée (les autres mémoires sont en cours de numérisation) ; il n'a pas été reconnu comme un travail d'exception, loin de là.

Le logiciel, brièvement, analyse les contenus d'un texte d'un seul tenant, et y repère ce qu'il estime des classes d'occurrence de termes. Nous avons, dans cette phase de test, effectué deux passages dans ce logiciel - analyseur : le premier passage (recherche d'un terme fréquent puis d'un second, associé, dont on mesure la pertinence de l'association, par analyse factorielle, et comparaison de deux classifications hiérarchiques) a retenu quatre groupes de termes (quatre classes représentatives) : nous les appellerons A (A1, A2, A3 et A4) ; le second passage a été effectué par une simple recherche d'occurrence des termes semblables (pas de croisement) : nous les appellerons B (B1, B2, B3 et B4) les quatre ensembles obtenus. Le listing des résultats fournit, groupe par groupe, les mots que le logiciel considère dans ce groupe.

Ce que je présente est réellement « brut de décoffrage » ! Mais vous goûterez avec moi la joie du scientifique qui trouve des constances dès cette phase. [Le jour du colloque, les résultats seront plus conséquents, j'espère !]. Il est de la responsabilité du chercheur

d'attribuer un qualificatif (une étiquette) à chacun de ces groupes. Sur un seul exemple de mémoire analysé, l'aléatoire reste grand !

Classe	Etiquette possible	Mots retenus par l'analyse
A1	Apprentissages	Conception, tête vide, apprentissage, ...
A2	(Situations de) classe	Groupes (grands- ou de niveaux) , activités, difficultés, ...
A3	(Situation-) problème	Situation-problème, hypothèses, démarche, phénomène, expérience, ...
A4	Contenus d'enseignement	Classification, périodique, électron, tableau, atome, institutionnalisation, comprendre, évaluation

Classe	Etiquette possible	Mots retenus par l'analyse
B1	(Situations de) classe	Groupes, solution, classe, difficulté, résultats, validation, activités, ...
B2	Didactique	Démarches, conceptions, science, hypothèses, représentations, apprentissages, modèles, ...
B3	Savoir enseigné	Chimie, périodique, classification, électron, institutionnalisation, ...
B4	(Situation-) problème	Problème, situations, acquérir, connaissances, objectifs, action, enseignement, ...

Quelques remarques sur ces deux résultats :

- Point 1 : l'analyse qui conduit aux classes A (analyse croisée) est certainement plus affinée que celle qui donne les classes B : le logiciel assure une plus grande confiance aux associations proposées en A qu'en B. Il met aussi bien plus de temps à produire ces résultats (deux à trois minutes pour un mémoire d'environ 30 000 signes, ce qui est largement raisonnable quand même).
- Point 2 : Les classes B comportent, de fait, plus de termes, donc avec des fréquences plus faibles ; leur extension est donc plus large, même si la dénomination retenue ne semble pas l'indiquer. Ce n'est qu'un effet d'étiquette : « contenus d'enseignement » est plus proche de la classe que « savoir enseigné » ... à quelques termes près.
- Point 3 : bien que les deux méthodes soient différentes, les regroupements des termes pour chacune des deux types de classes conservent de très fortes similitudes ; il doit bien y avoir des causes fortes !
- Point 4 : en A ou en B, les termes qui ressortent ne sont pas neutres, ils reproduisent les grandes lignes du Plan de formation qui a été décliné à ce stagiaire (je ne le donne pas, car il ressemble à beaucoup d'autres, et un exemple unique n'est pas significatif).

D'où l'hypothèse forte que l'on peut émettre (objet du travail de la recherche de l'équipe) : le mémoire professionnel est une production qui témoigne de la « biographie formative » de chaque stagiaire et peut constituer un ensemble de données d'où faire émerger la matrice curriculaire de chacun (mais ceci est une affaire de formation issue de la recherche !).

3. La recherche doit aider à construire des outils qui donnent sens aux savoirs à enseigner

→ *Former, c'est résoudre des problèmes ... professionnels*

Je reprendrai à titre d'exemple, de support de raisonnement (il n'est pas dans mon intention ici de le discuter), le modèle de M. Altet et M. Fabre qui reconnaissent trois problématiques dans les processus de formation :

- une problématique d'articulation entre valeur épistémologique et développement personnel, caractéristique des formations universitaires ; l'objet important est le **savoir** ;
- une problématique d'articulation entre développement personnel et insertion socioprofessionnelle, où la place du « psychosocio » est importante, les analyses de pratiques par exemple ; l'objet important est la **personne** ;
- une problématique d'articulation entre valeur épistémologique et intérêt socioprofessionnel, type même d'une formation « professionnalisante par rationalisation des savoirs » ; il semble bien que, pour beaucoup d'entre nous en IUFM, le mémoire professionnel se place sur ce versant ; l'objet important est la **situation**.

Même si l'on trouve des thèmes de mémoires où émerge préférentiellement un objet de savoir (« Enseigner la mécanique ... ») ou les éléments d'un individu (« Activités des élèves et travail de groupe ... »), la très grande majorité porte bien sur des situations ; les mémoires de stagiaires d'IUFM sont bien des moments de résolution de problèmes privilégiés (du moment).

→ *Cela ne se fera pas par l'usage systématique d'un vocabulaire qui ne fait pas sens aux formés*

Une des caractéristiques du fonctionnement d'Alceste (d'autres logiciels d'analyse de contenus probablement aussi) est de ne pas considérer les mots utilisés une seule fois (les hapax), qui, statistiquement, constituent près de 50 % des mots. On peut penser, spontanément, qu'il y a là appauvrissement de la méthode ; il y a, à mon avis, un très grand enseignement à destination des formateurs. Le stagiaire dont le mémoire a été analysé dans le processus de test ci-dessus a suivi la même formation que tous ses collègues ; il a reçu, assurément (et je peux en témoigner !), une succession (avalanche ?) de termes de didactique « savante », que l'on trouve dans tous les bons ouvrages ! Il en ressort un nombre extrêmement faible dans l'analyse (on trouve conceptions et ... institutionnalisation !). Ne serait-ce pas une sorte de « rejet de greffe » qui caractérise toute introduction à haute dose d'un remède dont le médecin sait l'efficacité, mais que le patient non convaincu reçoit comme un sevrage ?

Même si ces termes introduits paraissent avoir un sens, posséder une opportunité d'introduction dans la ou les situations (vécues ou de référence) considérées par le formateur, le stagiaire n'en a pas la même perception, le même sentiment de ce caractère « incontournable ».

L'exemple sur lequel je m'appuie ici (d'autres exemples seront disponibles lors du colloque) ne m'autorise évidemment pas à tirer de grandes conclusions ! Je veux simplement montrer par là que le mémoire, résultat d'une formation professionnalisante, contient des indicateurs sur la formation proposée. Si, comme j'en suis convaincu, la formation peut être objet de recherche, les mémoires sont des sujets de travail des chercheurs, qui vont éclairer les formateurs. J'ajouterai que les débats actuels sur le mémoire indiquent bien qu'il y a là interrogation des usagers, qu'il y a bien « contextualisation » des recherches, comme l'évoque A. Prost.

Permettez moi une remarque, pour terminer : une des quatre classes A ou B de l'exemple cité porte sur le savoir, à enseigner, enseigné, à construire : nos stagiaires ont encore des interrogations sur ce savoir, ils ont encore besoin d'en construire du sens. Le travail dans cette direction (de recherche ? de formation ?) est encore vaste.

Références

ALTET, Marguerite, et FABRE, Michel, 1994, « Logiques et problématiques d'articulation formation/recherche dans les dispositifs de professionnalisation », Recherche et formation, n° 17 – Oct. 97 – p77-92)

CROS, Françoise, 1994, « Le mémoire professionnel : un moyen de développement des capacités à acquérir des compétences professionnelles ? », Recherche et Formation, n° 17, INRP, Paris, p 104-110

GOMEZ, Florent, 2001, Le mémoire professionnel , Louvain, De Boeck – Université.

MALGLAIVE, Gérard, 1990, Enseigner à des adultes, Paris, PUF.

INTERACTIONS RECHERCHE-FORMATION DES ENSEIGNANTS SUR L'UTILISATION DES MUSEES

Yves GIRAULT

Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris
Girault@mnhn.fr

En France, les dispositifs de diffusion de la Culture scientifique et technique ont connu, depuis les années 80, un développement sans précédent : création d'un réseau croissant de CCSTI (35 à ce jour), de 9 Écomusées, de 18 centres Permanents d'Initiation à l'Environnement, de 7 Parcs Naturels, rénovation des grands Musées nationaux à Paris, et de Muséums d'Histoire Naturelle de province et/ou modernisation d'aquariums, jardins botaniques, et parcs zoologiques... On peut donc considérer que l'offre muséale s'est considérablement diversifiée durant ces toutes dernières années et qu'il existe un réel réseau de structures scientifiques qui proposent des projets de partenariat avec le monde scolaire. Nous allons, dans les lignes qui suivent, énumérer certains axes de recherche liées plus ou moins directement à la formation des enseignants dans le but de favoriser l'utilisation de musées et/ou d'expositions en relation avec les sciences du vivant, nous proposerons par la suite quelques pistes à privilégier

1. Des travaux de recherche liés aux publics enseignants

1.1 Partenariat entre écoles et musées : points de vue d'enseignants

La relation entre l'Ecole et le Musée a pris origine il y a plusieurs décennies (Marot 1938, Cohen, Girault, 1999). Si certains auteurs proposent des modèles didactiques d'utilisation du musée (Allard & Boucher 1991, 1998), d'autres travaillent sur la nature et les conditions d'apprentissage dans les musées (Buffet 1998, Cohen 2002, Fortin-Debart 2003, Girault 2001, 2003, Girault & Darot 1999, Guichard J. & Guichard F. 1997, Guichard 1998, Jacobi & Coppey 1996)⁴. Par manque de connaissances des spécificités des deux partenaires, cette relation tarde à évoluer vers un réel partenariat. Ainsi, certains auteurs (Peignoux et al. 1998) font référence à des problèmes récurrents d'organisation de visites (emplois du temps, inadéquation /programme scolaire, importance du travail pour l'organisation de la sortie, manque d'information, indiscipline des élèves lors des sorties), sans oublier les très nombreuses complications administratives qui sont également soulignées aux Etats-Unis (Stone 1992)⁵ et au Québec (Matias et al. 2001). Parfois même, l'importance du travail à effectuer, en regard des bénéfices attendus en termes d'apprentissage aboutit à un refus d'organiser une visite (Gonin-Bolo & al. 1989, Matias & al. 2001). D'autres auteurs (Eidelman & Peignoux 1995) soulignent cependant le rôle primordial des incitations politiques (coordinateur de la ZEP) ou encore le financement de cars par la municipalité, le rôle des parents (financiers et accompagnateurs), ainsi que la présence et l'organisation de l'équipe enseignante.

⁴ Notons que de très nombreux colloques par le monde traitent de ce sujet.

⁵ Résultats d'une étude réalisée sur une base de 525 questionnaires, étude citée par (Sode Funch, 1997),

Comme le souligne Cohen (2003), les jeunes enseignants entrent dans leur profession avec le plus souvent comme seules expériences muséales liées à l'école, le souvenir de celles qu'ils ont vécues étant eux-mêmes élèves. Dans le cadre d'une visite scolaire au musée, quels sont les objectifs qu'ils poursuivent ? Comment peuvent-ils aujourd'hui participer à la formation de « l'élève-visiteur », et donc dépasser le simple déplacement d'une classe au musée ? Les résultats d'une enquête menée auprès de 413 enseignants (Gonin-Bolo & *al.* 1989), dans le cadre d'une recherche sur les moyens de diffusion de la culture technique et scientifique, montrent que les enseignants d'enseignement général privilégient lors de leurs sorties dans les musées des objectifs pédagogiques, relationnels, et enfin culturels et de détente, alors que leurs collègues professeurs d'enseignement professionnel y recherchent des objectifs d'information technique, et socioprofessionnels. D'autres auteurs (Eidelman & Peignoux 1995) soulignent que les objectifs de visites décrits par les enseignants s'organisent autour de trois axes : enrichir le quotidien, socialiser, et acculturer. Matias, Lemerise, Lussier-Desrochers (2001) précisent, pour leur part, que 96% des enseignants du secondaire qu'ils ont interrogés au Québec (N=202) considèrent que le musée est un environnement d'apprentissage, et pour 38%, les projets proposés aux classes du secondaire correspondent aux intérêts des élèves. Cohen (2002) indique enfin que les objectifs annoncés par des enseignants en formation initiale en France (N=224) et au Québec (N=156) sont principalement d'ordre pédagogique (F=92% ; Q= 73%) et cognitif (F=58% ; Q=65%). Il ressort de ces travaux que les enseignants ne privilégient pas une formation culturelle (sur l'utilisation des musées), établissement qui au demeurant joue un rôle non négligeable dans le cadre de la formation continue des citoyens. Il s'avère donc indispensable de proposer des formations permettant aux enseignants d'appréhender l'histoire et les spécificités des musées d'histoire naturelle (Girault 2003, Van Praët 1988, 1989, 1996) pour leur permettre d'utiliser à bon escient ces établissements, ce qui implique un respect mutuel des missions des uns et des autres.

1.2 La formation des enseignants en ERE au sein des musées de sciences

Dans le champ de l'ERE, les orientations conceptuelles et méthodologiques de la formation des enseignants sont généralement clarifiées (Sauvé 2001&2002) et s'articulent autour de quatre savoirs : savoir disciplinaire sur les questions environnementales, savoir réflexif sur ses propres pratiques et représentations, clarification des présupposés pédagogiques des partenaires, savoir pédagogique lié aux différentes stratégies et approches développées en ERE.

Pour chacun de ces savoirs, les musées de sciences peuvent offrir une formation : ils sont en effet des lieux de ressources de savoir, ils peuvent proposer d'une part des savoirs pédagogiques liés à l'apprentissage en contexte muséal et, d'autre part, des approches éducatives spécifiques qui permettent à l'enseignant d'entrer dans une démarche de clarification de la diversité des orientations pédagogiques existant en ERE. Ils amorcent ainsi une réflexion sur l'ERE et sa diversité de formes et d'approches. Ils peuvent enfin permettre à l'enseignant de mettre à distance ses propres pratiques et représentations.

Malheureusement, ce type de partenariat s'inscrit globalement dans une tradition positiviste puisqu'il implique une transmission de connaissances théoriques (dans le cas d'une formation destinée aux enseignants) et pratiques (dans le cas de l'élaboration de programmes éducatifs) élaborés par des acteurs muséaux. L'enseignant ne participe pas à l'élaboration de ce savoir sur l'ERE au musée. Il est simplement utilisateur du musée. Il nous semble alors que la formation des enseignants prendrait une nouvelle dimension avec la mise en place de véritables partenariats centrés sur l'action où les enseignants seraient acteurs de leur propre formation.

Ainsi, Fortin-Debart (2003) a recommandé, dans le cadre de sa recherche doctorale, une orientation partenariale centrée sur des recherches-actions, impliquant des chercheurs en ERE, des acteurs de la muséologie de l'environnement et des enseignants. Ces pratiques de recherches-actions collaboratives permettraient d'associer la formation des acteurs muséaux (notamment pour une meilleure prise en compte des recommandations issues de recherches en ERE) à la formation des enseignants aux pratiques muséales.

Une autre voie à développer consiste à mettre en place des partenariats participatifs (Fortin-Debart, 2003) qui constituent également des stratégies de formation des acteurs impliqués, et donc des enseignants. C'est, plus précisément, un partenariat engagé dans l'action, qui vise le changement de certaines réalités environnementales. Le projet rassemble différents partenaires : des partenaires éducatifs (musées et école), des partenaires sociaux (mairies, entreprises, etc.) et éventuellement des partenaires scientifiques (laboratoires de recherche).

Ces différents partenariats s'articulent autour de véritables projets partagés, et en cela ils offrent « *aux différents acteurs de la société éducative un contexte privilégié pour entrer en processus d'éducation permanente, au cœur même de leur activité professionnelle ou de leur créneau d'engagement civique ; le partenariat invite les divers participants à apprendre ensemble, les uns des autres, au sujet d'une préoccupation commune* » (Sauvé, 2001-2002). Pour décrire cette dynamique, Bruxelles (2001-2002) propose l'expression de partenariat apprenant, caractérisé par « *la création de connaissances et l'accès à des compétences nouvelles et inattendues, aussi bien au niveau des personnes que des organisations* » (Bruxelles 2001-2002).

2. Quelques propositions d'axe de recherche à privilégier

Deux pistes nous paraissent particulièrement intéressantes à développer :

Alors même que de nombreux services éducatifs de musées bénéficient de la présence, pour quelques heures par semaine, d'enseignants d'écoles, de collèges ou de lycées qui, tout en poursuivant leur activité normale d'enseignement, assurent le rôle de professeur-relai entre l'institution muséale et les enseignants (Geyssant 2003), nous connaissons trop peu les représentations des enseignants détachés dans les musées (Cohen 2002).

Il faudrait également analyser la nature des relations qui se tissent entre les élèves d'une part et les professionnels de musées et les enseignants d'autre part. Il faudrait étudier la qualité des rapports aux savoirs, et des motivations des élèves à apprendre dans des domaines précis, en différenciant et comparant plusieurs styles de visite (libre, avec personnels du musée, avec enseignants).

Références

- ALLARD, M. & BOUCHER, S. (1998). *Eduquer au musée un modèle théorique de pédagogie muséale*. Cahier du Québec HMM, 207p.
- ALLARD, M. & BOUCHER, S. (1991). *Le musée et l'école*. Cahier du Québec HMM, 136 p.
- BRUXELLES, Y. (2001-2002). Peut-on parler de partenariat apprenant en éducation à l'environnement ?. In *Education Relative à l'Environnement, Regards, Recherches, Réflexions, Le partenariat en éducation relative à l'environnement*, vol.3, Ifrée-ORE, Université du Québec à Montréal, Fondation Universitaire Luxembourgeoise, pp.37-61.
- BUFFET, F. (1998). *Entre école et musée : le partenariat culturel d'éducation*. Presses Universitaires de Lyon

- COHEN, C. (2003). Visite scolaire au musée : représentations d'enseignants en formation initiale en France et au Québec. In Y. Girault (dir). *L'accueil des publics scolaires dans les Muséums, aquariums, jardins botaniques, parcs zoologiques* (pp. 196-227). Paris : L'Harmattan.
- COHEN, C. (2002). *Quand l'enfant devient visiteur : une nouvelle approche du partenariat Ecole/Musée*. Paris : L'Harmattan, 218p.
- COHEN, C. & GIRAULT, Y. (1999). Quelques repères historiques sur le partenariat École-Musée, ou quarante ans de prémices tombées dans l'oubli. *Aster*, 29, 9-25.
- EIDELMAN, J., PEIGNOUX, J. & al. (1997). *Évaluation d'audience du projet d' "observatoire de la terre" à St-Maur*, URA 887, Rapport d'étude.
- EIDELMAN, J. & PEIGNOUX J. (1995). Les enseignants de l'école primaire et de la Cité des Sciences : les conditions du partenariat école-musée. *La lettre de l'OCIM*, 37, 17-25.
- EIDELMAN, J. & PEIGNOUX, J. (1993). *Le répertoire des significations d'un partenariat, L'image de la Cité des Sciences et de l'Industrie chez les enseignants du primaire*. Rapport final, ExpoMédia-International, URA 887, Paris, 165 p.
- FORTIN-DEBART, C. (2003). *Contribution à l'étude du partenariat école-musée pour une éducation relative à l'environnement : tendances et perspectives de la médiation muséale pour une approche critique des réalités environnementales*. Thèse du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- GEYSSANT, J. (2003). L'éducation nationale un partenaire privilégié des institutions muséales scientifiques. In Y. Girault (dir). *L'accueil des publics scolaires dans les Muséums, aquariums, jardins botaniques, parcs zoologiques* (pp. 178-195). Paris : L'Harmattan.
- GIRAULT, Y. (2003). Le musée de science : d'un parti pris épistémologique à la prise en compte des publics. In Y. Girault (dir) (2003). *L'accueil des publics scolaires dans les Muséums, aquariums, jardins botaniques, parcs zoologiques* (pp.13-48). Paris : L'Harmattan
- GIRAULT, Y. (dir) (2003). *L'accueil des publics scolaires dans les Muséums, aquariums, jardins botaniques, parcs zoologiques*. Paris : L'Harmattan.
- 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 pour le Comité National de Coordination de la Recherche en Education, 316 p.
- GIRAULT, Y. & DAROT, E. (coord) (1999). L'école et ses partenaires scientifiques. *Aster* 29.
- GUICHARD, J. (1998). Adapter la muséologie aux enfants. In *La révolution de la muséologie des sciences* (pp. 207-247). Ed Multimondes.
- GUICHARD, J. & GUICHARD, F. (1997). Des objets muséologiques pour aider à traiter des obstacles en sciences et techniques. *Aster*, 24, 113-141.
- GONIN-BOLO, A. & al. (1989). Les sorties scolaires : temps perdu ou retrouvé ? *Rencontres pédagogiques* n°24, 135 p. INRP.
- MAROT, P. (1938). Musées et éducation, comment on doit montrer un musée aux enfants. In *L'éducation par la récréation* (pp. 87-92). Paris : Berger-Levrault.
- LEMERISE, T., LUSSIER-DESROCHERS, D. & MATIAS, V. (eds) (2001). *Courants contemporains de recherche en éducation muséale*. Québec : Editions MultiMondes.
- MATIAS, V., LEMERISE, T., LUSSIER-DESROCHERS, D. (2001). Le partenariat entre les écoles secondaires et les musées : points de vue d'enseignants de la région de Montréal. *Revue des sciences de l'éducation*, vol. XXVII, 1, 85-104. Montréal.
- SAUVÉ, L. (2001-2002). Le partenariat en éducation relative à l'environnement : pertinence et défis. In *Education Relative à l'Environnement, Regards, Recherches, Réflexions, Le partenariat en éducation relative à l'environnement*, vol.3 (pp.21-36). Ifree-ORE, Université du Québec à Montréal, Fondation Universitaire Luxembourgeoise.
- STONE, D.L. (1992). Elementary art specialists' utilization of the art museum : a survey, *Visual Art Research*, vol 18, 1, 72-81.

VADEBONCOEUR, G. (2002). *La relation entre les agents d'éducation scolaires et les agents d'éducation muséale dans le cadre d'une collaboration entre le musée et l'école*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal.

VAN PRAËT, M. (1996). Le Muséum national d'Histoire Naturelle témoin de plus de trois siècles et demi d'évolution de la muséologie des sciences. *La science en scène*. Presses de l'École Normale Supérieure.

VAN PRAËT, M. (1989). Contradictions des musées d'histoire naturelle et évolution de leurs expositions. In B Schiele (dir.). *Faire voir et faire savoir : la muséologie scientifique au présent* (pp. 25-34). Québec : Musée de la civilisation.

VAN PRAËT, M. (1988). De la galerie de zoologie à la galerie de l'évolution, vers un musée du quatrième type. *Actes des Xe JIES Chamonix*, 95-100.