

# Approche des différences individuelles dans la résolution de problèmes concernant des circuits électriques simples

**Paulette ROZENCWAJG**

Service de Recherche de l'INETOP  
41, rue Gay Lussac  
75005 Paris, France.

## **Résumé**

*L'approche proposée dans cet article est de montrer l'intérêt de la complémentarité entre les approches didactique et différentielle dans la résolution de problèmes concernant des circuits électriques simples. Les processus analogique et propositionnel, classiquement identifiés dans des tâches cognitives non spécifiques, ont pu être mis en évidence dans le cadre de domaines de connaissances sémantiquement structurés, comme c'est le cas de l'électricité. L'expérience réalisée auprès de 42 élèves de cinquième permet de montrer que l'analyse des comportements cognitifs à l'école sous l'angle des conceptions des élèves et sous l'angle de processus de pensée plus généraux semble une approche heuristique pour identifier des différences individuelles dans la façon de résoudre des problèmes scientifiques.*

**Mots clés :** *didactique de l'électricité, conceptions des élèves, résolution de problèmes, différences individuelles, processus analogique et propositionnel.*

## **Abstract**

*The present article attempts to demonstrate the value of using the didactic method and the differential method as complementary approaches to solving simple electric-circuit problems. The analogical and propositional processes, traditionally identified in non-specific cognitive tasks, have been shown to also play a part in semantically structured domains like electricity. The experiment conducted here on 42 seventh-grade students showed that analyzing cognitive behavior in school from the dual standpoint of students' conceptions and more general thought processes appears to be a heuristic method for identifying individual differences in the way science problems are solved.*

**Key words :** *teaching physics, students' conceptions, electricity, problem solving, individual differences, analogical and propositional processes.*

## **Resumen**

*El objetivo de este artículo es de analizar de manera sistemática las diferencias individuales en la resolución de problemas de electricidad. Una experiencia es realizada proponiendo a alumnos de quinto grado (correspondiente al segundo nivel educativo de la enseñanza secundaria Francesa) cuatro problemas de electricidad. Dos resultados principales son observados : as formas de resolución de problemas pueden ser agrupadas en cinco categorías, calculo, algebraico, misconceptual, proposicional y analógico ; ninguna variabilidad interindividual fue encontrada : ningún alumno pone en relación lo que hace en una situación teórica y en una situación práctica. En conclusión, estos dos resultados son discutidos mostrando la complementaridad de los puntos de vista diferencial y didáctico.*

**Palabras claves :** *didáctica de electricidad, concepciones de los alumnos, resolución de problemas, proposicional y analógico processus.*

## **1. INTRODUCTION**

Cet article a pour objectif de montrer l'intérêt de la complémentarité entre les approches didactique et différentielle dans la résolution de problèmes concernant des circuits électriques simples. La didactique de l'électricité nous permet de construire des situations de problèmes pertinentes et une grille d'analyse de leur résolution compte tenu de ce que l'on sait des conceptions des élèves. La psychologie différentielle nous permet de traiter les différences individuelles de façon systématique sans chercher à mettre l'accent sur les réponses les plus fréquentes des élèves. Nous montrerons néanmoins également qu'un certain comportement est apparu chez **tous** les élèves de notre expérience.

Peu de recherches en psychologie différentielle s'intéressent aux différences quant à la maîtrise des concepts scientifiques<sup>1</sup>. Les travaux portent le plus souvent sur des aspects généraux du fonctionnement de la pensée. L'électricité ayant un contenu très spécifique et sémantiquement très structuré, la résolution de problèmes dans ce domaine a plus souvent été envisagée sous l'angle des connaissances utilisées que sous l'angle de processus de pensée plus généraux. Il nous semble que les travaux réalisés dans le cadre du paradigme ATI (*Aptitude Treatment Interaction*), visant à identifier les traitements pédagogiques les plus efficaces compte tenu des caractéristiques des apprenants (aptitudes, traits de personnalité par exemple), n'utilisent pas suffisamment les résultats des travaux de didactique<sup>2</sup> (Snow, 1989). Inversement, il nous semble que la didactique, centrée par définition sur les contenus, se prive le plus souvent de ce que l'on sait des processus généraux de pensée qui peuvent éclairer d'un certain point de vue le comportement des élèves. En d'autres termes, autant la prise en compte des contenus semble aujourd'hui incontournable pour comprendre le fonctionnement cognitif (Rozencajg & Trosseille, 1996), autant le point de vue de la psychologie différentielle qui considère les différents cheminements de la pensée comme des préférences individuelles relativement stables dans le traitement de l'information (Huteau, 1995 ; Lautrey, 1990 ; Reuchlin, 1978) nous semble aussi indispensable.

La méthode d'étude de la variabilité inter- et intra-individuelle a consisté à présenter aux mêmes élèves quelques problèmes d'électricité et d'analyser la cohérence entre les divers types de solution, non seulement sous l'angle des connaissances utilisées mais aussi du point de vue des processus plus généraux.

## 2. EXPÉRIENCE

### 2.1. Les problèmes

Les problèmes ont été construits sur la base des travaux de didactique sur les conceptions des élèves en électricité (Closset, 1983, 1988 ; Johsua & Dupin, 1987, 1993 ; Koumaras et al., 1994).

Brièvement, certains élèves pensent que l'électricité est un fluide dont l'intensité diminue tout au long du circuit : le courant ressort de l'ampoule

---

1. Une thèse en cours d'un chercheur de l'INETOP (B. Trosseille sous la direction de J. Lautrey) se situe dans cette nouvelle perspective dans le domaine de la physique (chaleur et température) (Trosseille, 1995).

2. Une thèse en cours d'un chercheur de l'INETOP (I. Olry-Louis sous la direction de M. Huteau) se situe dans cette nouvelle perspective dans le domaine des Sciences Sociales (Olry-Louis, 1996).

pour retourner vers la pile avec une intensité moindre qu'à son entrée ; pour ceux-là, le fluide est à la fois le mouvement des électrons (l'intensité), la force qui met en œuvre ce mouvement (la tension) et ce qui est consommé (l'énergie). Cette conception, appelée *modèle d'usure*, vient en contradiction avec ce qu'ils apprennent, à savoir que l'intensité est constante sur tout le circuit en série. Pour rétablir une certaine cohérence, certains élèves procèdent alors à une généralisation excessive : ils pensent que, pour un générateur donné, l'intensité est constante dans tous les circuits, quelle que soit l'organisation, en série ou en dérivation, et quels que soient le nombre et la nature des éléments branchés dans le circuit. C'est ce qu'on appelle le *raisonnement séquentiel* ou conception de l'intensité dite à *débit constant*. Dans le raisonnement séquentiel, l'élève n'a pas une vision globale du circuit : il pense que l'électricité part de la pile et découvre peu à peu le circuit, ses résistances et leur organisation. Contrairement à cette conception, pour le physicien, le courant ne part pas d'une borne du générateur pour revenir à l'autre borne ; c'est l'ensemble des électrons des conducteurs qui est mis en mouvement instantanément dès la fermeture du circuit.

Il faut souligner que cette conception – le raisonnement séquentiel – a une pertinence indéniable pour traiter efficacement la grande majorité des problèmes didactiques présentés aux élèves, ce qui explique aussi qu'elle soit très résistante au changement et qu'elle constitue un véritable *obstacle épistémologique* (Johsua, 1990a). En particulier, cette représentation est valide dans une classe de problèmes, y compris pour des schémas électriques complexes, où l'intensité du courant principal est donnée dans l'énoncé et où par conséquent l'élève n'est pas interrogé sur la valeur de cette grandeur (Rozencwajg, 1992). Elle peut être mise en relation avec l'*analogie hydraulique* que les enseignants ont utilisée en classe dans cette expérience pour concrétiser la loi des courants dérivés.

Comme on vient de l'évoquer, les conceptions des élèves peuvent fort bien être valides dans une certaine classe de situations. Pour cette raison il est important, quand on cherche à identifier la base de connaissances des élèves, d'utiliser des situations variées qui permettent l'activation de connaissances différentes. Ainsi, en faisant varier les situations, notre objectif est de mieux rendre compte des différentes connaissances des élèves et de leur mise en œuvre.

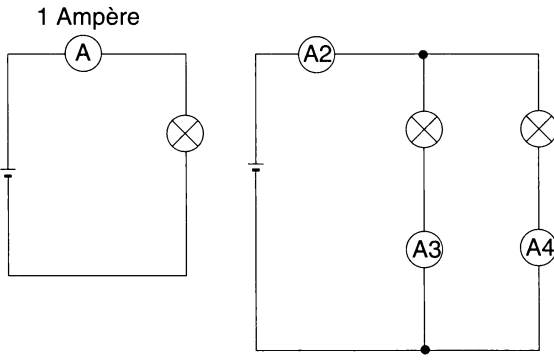
L'expérience a été réalisée auprès de 42 élèves de cinquième en début de curriculum (la physique était encore au programme), répartis dans deux collèges de la région parisienne. Les problèmes concernent la loi des nœuds. L'effet de différents contextes, censés tous activer cette loi, va nous servir à «*la récupération d'informations en mémoire à long terme*» (Richard, 1990, p. 40). Au moment de notre expérience, les élèves avaient appris les deux lois sur l'intensité dans les circuits en série et en dérivation (dans un

circuit série, l'intensité est conservée tout au long du circuit ; dans un circuit en dérivation, l'intensité du courant principal est égale à la somme des intensités des courants dérivés), mais pas encore les lois sur la tension. Les différents problèmes, ainsi que la mise en place d'un mode de questionnement, ont permis l'identification des différences individuelles.

### 2.1.1. Problème E1

Les conceptions spontanées du concept d'intensité sont évaluées par un problème (figure 1) où l'élève doit comparer deux circuits et prédire comment l'intensité va évoluer. C'est une situation très utilisée en didactique de l'électricité (voir par exemple, Johsua, 1990a), elle a été mise en œuvre plus récemment pour l'analyse des modifications des conceptions des élèves en situation de tutelle (Khanh Tran & Baril, 1995). Le raisonnement séquentiel aboutit dans cette situation à un résultat faux du fait que l'intensité totale du circuit n'est pas une information donnée dans l'énoncé. Le problème E1 était précédé de la comparaison du circuit comportant une ampoule avec un circuit comportant deux ampoules en série, pour des raisons que nous donnerons en présentant le problème E2.

On présente à l'élève un premier circuit simple avec une seule lampe. Puis on présente le deuxième circuit en lui disant qu'on a ajouté une deuxième lampe identique en dérivation. On lui demande d'indiquer les intensités des ampèremètres A2, A3 et A4. On lui demande ensuite de justifier sa réponse.



L'ampèremètre A2 indique 1A / 2A ? (Bonne réponse : 2A)  
 L'ampèremètre A3 indique 0,5A / 1A / moins que A2 (Bonne réponse : 1A)  
 L'ampèremètre A4 indique 0,5A / 1A / moins que A3 (Bonne réponse : 1A)  
 (loi des tensions et loi des nœuds).

Figure 1 : Problème de prédiction de l'intensité

### 2.1.2. Problème E2

Le problème E2 est un problème pratique (figure 2). Lors de la construction, l'élève aura «l'occasion» en situation réelle de constater que selon l'organisation des lampes – en série ou en dérivation –, l'intensité du courant principal varie. Le terme «occasion» a été volontairement mis entre guillemets car les travaux de Johsua (1990b) et ceux de Lemeignan et Weil-Barais (1993), en particulier, ont largement montré que la confrontation entre les prédictions réalisées et la simple «perception» des phénomènes physiques n'est pas suffisante pour modifier les conceptions spontanées des élèves.

Ce problème permet également de repérer le raisonnement séquentiel mais de façon «agile». Pour cela nous avons introduit des *nœuds* matérialisés par des fiches sur un socle en bois (sur lequel plusieurs fils peuvent être connectés), qui permettent éventuellement à l'élève de concrétiser une représentation séquentielle des points de division du circuit en dérivation. Soulignons que les élèves n'ont jamais utilisé de nœuds en classe pour réaliser un circuit.

**Matériel :**

Un générateur, deux lampes, un ampèremètre, un interrupteur, sept fils de connexion, deux nœuds.

**Consignes :**

«Mesure l'intensité totale du courant d'un circuit ayant ces deux lampes en dérivation. Dessine d'abord le circuit que tu as l'intention de réaliser. Comment pourrais-tu être sûr d'avoir bien répondu à la question ?»

Figure 2 : Énoncé du problème E2

### 2.1.3. Problème E3

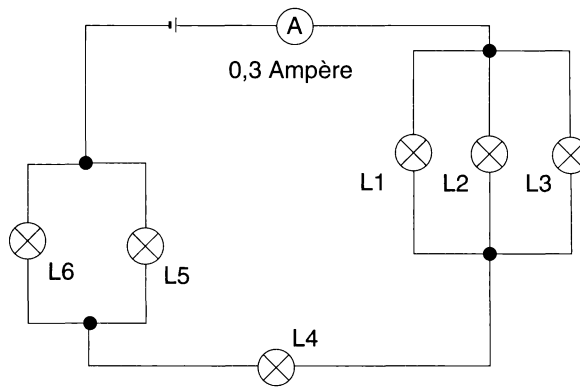
Le problème E3 (tableau 1) est proche du format standard, c'est-à-dire qu'il correspond aux problèmes habituellement donnés en classe et qui ne testent pas les conceptions erronées des élèves. En d'autres termes, le problème standard ou canonique permet l'application directe des connaissances apprises en cours (Rozencwajg, 1992). L'énoncé s'accompagne d'un schéma *prototypique* de deux lampes en dérivation (Caillot & Cauzinille, 1984). L'énoncé est le suivant : «*Soit ce montage, on branche successivement des piles différentes et on effectue les mesures inscrites dans le tableau. Complète ce tableau. Quand tu fais un calcul, tu poses l'opération sur la feuille.*»

I	I1	I2
0,5 A	330 mA	0,17 A
1 A	700 mA	300 mA
4,8 A	3,2 A	1,6 A

Tableau 1 : Énoncé du problème E3 (les réponses sont indiquées en italique)

#### 2.1.4. Problème E4

Le problème E4 est complémentaire du problème E1 (figure 3) car il permet de vérifier les conditions de validité du raisonnement séquentiel quand l'intensité du courant principal est une information donnée dans l'énoncé. Contrairement au problème E1, le problème E4 comprend un schéma électrique complexe. Néanmoins, le raisonnement séquentiel dans ce problème devrait être efficace car l'information sur l'intensité totale est donnée dans l'énoncé (0,3 A) (Rozenchwajg, 1992).



L'élève doit compléter le tableau.

L1	L2	L3	L4	L5	L6
0,1 A	0,1 A	0,1 A	0,3 A	0,15 A	0,15 A

Figure 3 : Énoncé du problème E4 (les réponses sont indiquées en italique)

### **2.1.5. Questionnaire de connaissances**

Un questionnaire faisant appel à la mémoire du cours permet d'évaluer les connaissances de l'élève en dehors de leur mise en œuvre en situation de résolution de problèmes. Ce questionnaire comporte onze questions (voir annexe). Les questions 1 à 3 ne sont pas prises en compte dans le score final (tous les élèves connaissaient les réponses). Le score maximum est de 8 points. Le score minimum observé est de 3 points. 16 élèves sur 42 n'ont fait aucune erreur, ce qui correspond au niveau d'expertise maximal qu'on attend d'un élève de cinquième qui a suivi normalement les cours.

## **2.2. Résultats**

Les réponses des élèves ont été analysées ainsi que leurs justifications (problèmes E1 et E3). Concernant la construction du circuit électrique (problème E2), une procédure d'observation a permis d'identifier l'ordre des connexions et la mise en place spatiale des différents éléments du circuit. L'identification des types de solutions dans le problème E4 a été réalisée par la mise en relation entre les réponses et l'ordre des réponses. Pour chaque problème, ces observations ont été synthétisées sous le terme de *type de solution*, auquel nous avons donné un nom, choisi pour être le plus près possible des comportements observés pendant la résolution. Le nom choisi renvoie à ce qui nous paraît être le plus spécifique dans le comportement de l'élève relativement aux autres. Ces noms renvoient soit à l'utilisation de connaissances, de conceptions, justes ou non, soit à l'utilisation de procédures numériques ou pratiques. Quand l'élève ne conceptualise pas sa réponse, mais qu'elle est juste, nous avons qualifié ce type de solution d'«algébrique». Quand l'élève ne conceptualise pas sa réponse, et qu'elle est fautive, nous avons qualifié ce type de solution de «calculatoire». Le terme «algébrique» renvoie aux travaux de Simon et Simon (1978) où le novice résout le problème en formant une représentation basée sur la recherche immédiate de formules, contrairement à l'expert qui élabore une représentation physique du problème. Le terme «calculatoire» renvoie aux travaux de Bastien (1987) en mathématiques et à nos propres observations (Rozencwajg, 1992), où l'élève réalise des calculs qui ne permettent pas de les associer à une conceptualisation spécifique. Il s'agit davantage de routines de calcul que de conceptualisation y compris erronée.

Dans un second temps, nous chercherons par des méthodes statistiques qualitatives (Analyse Factorielle des Correspondances Multiples et Classification Ascendante Hiérarchique) à regrouper ces types de solutions.



### 2.2.1. Problème E1

– Type de solution «*séquentielle stricte*» (n = 12) : l'élève répond que la pile débite toujours 1 ampère (au lieu de 2 ampères) dans le deuxième circuit bien qu'il y ait une lampe de plus en dérivation. Il utilise donc le raisonnement séquentiel où la pile débite une intensité constante. Il répond ensuite qu'il y a 0.5 ampère dans chaque branche dérivée, c'est-à-dire qu'il applique la loi des courants dérivés. Il justifie ensuite par l'énonciation déclarative de la loi, un peu comme une «comptine». Par exemple, «*car les deux lampes sont identiques et la somme de deux courants dérivés est égale à l'intensité du courant principal*» (Gilles). Nous avons qualifié ce type de solution de séquentielle «stricte» car il correspond au raisonnement décrit dans la littérature (Closset, 1983, 1988).

– Type de solution «*séquentielle imagée*» (n = 11) : l'élève donne la bonne réponse (l'ampèremètre A2 indique 2 ampères et il y a 1 ampère dans chaque ampoule). Contrairement au type de solution précédent, l'élève conçoit que la pile ne débite pas toujours la même intensité. Il applique correctement la loi mais, paradoxalement, sans la donner ensuite comme justification. Il justifie d'une façon que nous qualifions «d'imagée» car il s'attache à décrire le courant comme un fluide qui se déplace dans le circuit, comme s'il inspectait une image du circuit. L'image décrite évoque l'analogie hydraulique enseignée en classe. Par exemple, «*car les deux ampoules sont en dérivation et quand le courant arrive il reçoit les deux*» (Stéphanie) ; «*car là il prend deux ampères, donc l'énergie se répartit de chaque côté et revient là*» (Christophe).

– Type de solution «*usure*» (n = 6) : l'analyse du circuit est très erronée. L'élève considère en effet que l'intensité baisse. Il n'a pas intégré la loi académique enseignée en classe, contrairement au type de solution «séquentielle stricte», également faux scientifiquement. Par exemple, l'ampèremètre A3 indique moins que l'ampèremètre A2 et l'ampèremètre A4 indique moins que l'ampèremètre A3. Les justifications explicitent le modèle d'usure. Elles dénotent une représentation du circuit électrique selon laquelle l'intensité s'use en allumant successivement les lampes. Dans ce type de modèle, plus la lampe est perceptivement éloignée du générateur (dans le sens conventionnel du courant), moins elle est traversée par un courant intense : «*pour A4, c'est en dérivation par rapport à A3 et par rapport à la pile*» (Sandrine) ; «*parce que la première ampoule prend plus d'intensité que la deuxième*» (Géraldine).

– Type de solution «*algébrique*» (n = 4) : l'élève donne la bonne réponse ( $2A = 1A + 1A$ ) mais la justifie de façon très sommaire (ni par la loi, ni de façon imagée). Par exemple, «*l'ampèremètre A3 + l'ampèremètre A4, cela fait l'ampèremètre A2*» (Nora).

– Type de solution «*calculatoire*» (n = 9) : la réponse de l'élève est incorrecte (le plus souvent 1 ampère partout) accompagnée d'une justification très sommaire. Par exemple, le «*circuit est en dérivation*» (Morgane).

Les types de solutions observés dans ce problème sont compatibles avec ce que nous savons des conceptions des élèves : le raisonnement séquentiel, le modèle d'usure, des routines de calcul. Ce qui est nouveau ici est le type de solution que nous avons appelé «*séquentielle imagée*», où l'élève donne la bonne réponse en la justifiant par l'évocation d'une image du circuit. Cette image renvoie à la «mise en scène» de l'analogie hydraulique. Il faut souligner qu'à ce niveau d'expertise, les concepts de tension et de résistance ne sont pas reliés au concept d'intensité. L'augmentation du débit de la pile (qui est une bonne réponse) est ici complètement *intuitive*, non formalisée et n'apparaît d'ailleurs pas explicitement dans les verbalisations.

### 2.2.2. Problème E2

– Type de solution «*séquentielle*» (n = 9) : l'élève réussit le circuit en le réalisant de façon séquentielle, c'est-à-dire que les nœuds représentent les points de division du circuit (figure 4). Il place les deux lampes parallèlement l'une en dessous de l'autre, ce qui correspond à la représentation prototypique (Caillot & Cauzinille, 1984). Il a peu regardé son schéma. Il utilise une procédure de vérification par décomposition qui consiste à mesurer les intensités de chaque branche dérivée et à les additionner pour retrouver l'intensité totale mesurée. C'est une procédure élaborée qui consiste à vérifier le circuit en retrouvant la loi : «*Il faut placer l'ampèremètre sur chaque branche dérivée pour mesurer une ampoule et on voit si le circuit est bon.*» (Frédérik)

– Type de solution «*fonctionnelle*» (n = 12) : l'élève réussit mais sans utiliser les nœuds (figure 4). Soulignons que l'utilisation des nœuds est une procédure qui représente mieux le schéma canonique mais qui n'a aucune pertinence sur un plan fonctionnel. De même, la mise en place des deux lampes l'une en dessous de l'autre n'est plus systématique. Deux procédures de vérification ont été utilisées : «décomposition» et «terme à terme». Exemple de procédure «terme à terme» : «*En suivant le schéma, j'ai branché la pile sur l'ampoule, l'ampoule sur l'ampèremètre et de ce côté-là aussi, la pile sur l'ampoule, et le reste sur l'ampoule ; j'ai suivi le schéma.*» (Mohamed) Ce type de solution, beaucoup moins sophistiqué, est plus fonctionnel et plus indépendant de la représentation prototypique, canonique du schéma électrique.

– Type de solution «*non fonctionnelle sans prototype*» (n = 9) : l'élève échoue dans la réalisation du circuit et utilise les nœuds mais de façon non fonctionnelle (figure 4). Aucun élève n'a placé les deux lampes l'une en

dessous de l'autre. La procédure de vérification s'appuie le plus souvent sur une conception erronée : «*il faut mettre l'ampèremètre à la sortie du circuit car ça pourrait diminuer à la fin du circuit*» (Sophie); «*il faut mettre l'ampèremètre à la sortie des ampoules car sinon, avant, on mesure le générateur*» (Fabienne) ; «*si on mettait l'ampèremètre devant les deux lampes, on trouverait zéro*» (Laurence).

– Type de solution «*non fonctionnelle avec prototype*» (n = 6) : la réussite est plus fréquente que précédemment ; les élèves utilisent les nœuds de façon non fonctionnelle mais, contrairement au type de solution «*non fonctionnelle sans prototype*», ils placent les deux lampes l'une en dessous de l'autre. Ils ont moins regardé le schéma. La procédure de vérification se base le plus souvent sur une procédure terme à terme.

– Type de solution «*échec*» (n = 6) : les élèves échouent dès la reproduction du schéma en dérivation ; il est donc difficile de traiter leurs réponses (dans les quatre autres types de solution, les schémas dessinés par les élèves étaient justes). Néanmoins, ils n'utilisent pas les nœuds. La procédure de vérification n'est que le constat de l'échec. Ils ont pour la plupart très peu regardé le schéma (qui était faux).

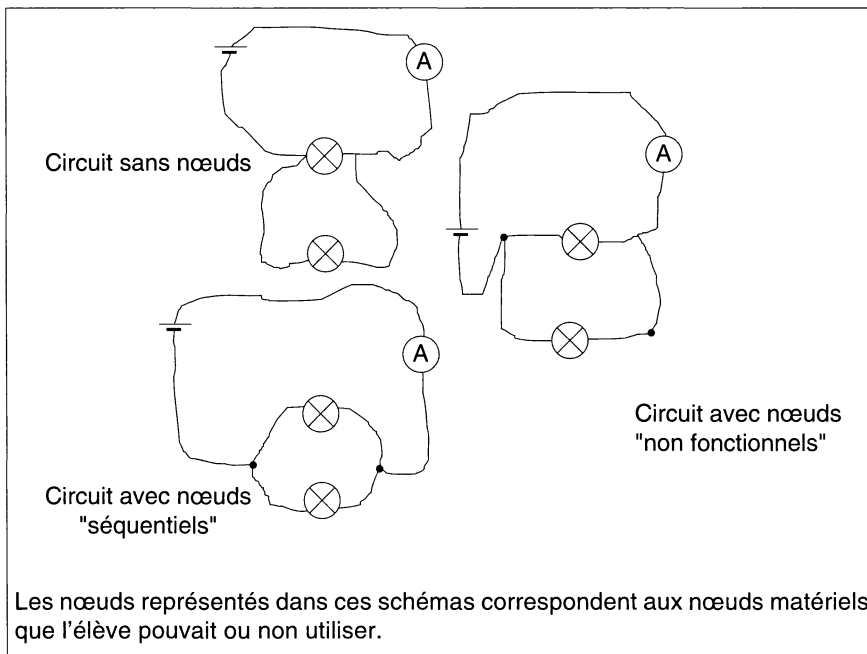


Figure 4 : Trois types d'utilisation des nœuds lors de la réalisation du problème E2

Conformément à notre attente, aucun élève n'a comparé spontanément ses réponses au problème E1 et au problème E2. L'hypothèse selon laquelle il n'y a pas de «*miracle empiriste*» (Johsua, 1990b ; Lemeignan & Weil-Barais, 1993) est une nouvelle fois vérifiée.

Outre ce résultat qui ne fait apparaître aucune différence individuelle, la représentation du circuit comprenant une matérialisation des nœuds n'a pas été suivie par tous les élèves. Certains se sont montrés plus indépendants de la représentation canonique des circuits électriques, à la fois par l'absence de l'utilisation des nœuds et par l'absence de la mise en place du prototype des lampes en parallèle.

### 2.2.3. Problème E3

– Type de solution «*fonctionnelle + loi*» (n = 10) : les élèves réussissent le problème et énoncent la loi des courants dérivés. Ils remarquent également que l'intensité parcourant les deux lampes est différente. Pour ces élèves, il semble qu'il ne s'agit pas seulement de chiffres abstraits reliés par une loi mais de chiffres qui *représentent* une intensité de courant plus ou moins forte. On peut inférer de ces verbalisations que les élèves ont formé mentalement une image dynamique du circuit : «*Selon le générateur, les intensités de courant changent et l'intensité du courant principal est égale à la somme des intensités des courants dérivés*» (Gilles) ; «*La somme des intensités des courants dérivés est égale à l'intensité du courant principal. Il n'y a pas le même nombre d'ampères qui passent dans chaque lampe. Les lampes ne brilleront pas pareil*» (Frédéric). Cette remarque est d'autant plus judicieuse que, dans la plupart des problèmes didactiques qu'ils ont habituellement à résoudre, les lampes sont identiques. Cela semble signifier aussi qu'ils ont procédé à une analyse approfondie du problème sans le rattacher immédiatement à un *problème prototypique*, ou un *schéma de problème* (Richard, 1990).

– Type de solution «*loi seulement*» (n = 14) : les élèves réussissent et énoncent la formule de la loi des courants dérivés sans commentaire sur les différences de courant : « *$I = I_1 + I_2$  ; les courants dérivés sont égaux à l'intensité du générateur*» (Sophie) ; «*Si on additionne  $I_1 + I_2$  on trouve  $I$ . Si on fait  $I - I_2$ , on trouve  $I_1$  et si on fait  $I - I_1$ , on trouve  $I_2$* » (Christophe).

– Type de solution «*fonctionnelle seulement*» (n = 3) : les élèves remarquent la différence d'intensité de départ dans les trois lignes du tableau mais n'évoquent pas la loi des courants dérivés (deux élèves sur trois réussissent). La justification est de type phénoménologique : « *$I_1$  et  $I_2$  n'ont pas toujours la même intensité. Il y a des circuits qui prennent plus d'intensité que les autres.*» (Boris)

– Type de solution «*non réponse*» (n = 6) : les élèves échouent et ne déduisent aucune information du tableau. Ils disent qu'ils ne savent pas.

– Type de solution «*calculatoire*» (n = 9) : les élèves échouent après avoir effectué divers calculs. On ne trouve pas de trace d'une analyse physique du problème. Ils verbalisent simplement les opérations effectuées : «*c'est pour calculer des intensités*» (Nordine) ; «*j'ai avancé la virgule ; je les ai mis en ampères*» (Halima).

On constate, dans ce problème proche du schéma de problème standard, que les élèves manifestent les uns par rapport aux autres une «sensibilité» différente aux chiffres du tableau. Certains appliquent correctement la loi mais les chiffres ne renvoient pas explicitement à un courant électrique (type de solution «*loi*») et d'autres élèves manifestent cette «sensibilité» à une représentation physique de ces chiffres (types de solutions «*fonctionnelle + loi*» et «*fonctionnelle*»). Le type de solution «calculatoire» se manifeste dans ce problème d'application numérique avec évidence : ces élèves ajoutent les chiffres sans se référer à une conception de l'électricité. On remarque également que ce problème, qui a été classé dans une étude antérieure comme «prototypique» (Rozencwajg, 1992), n'active pas, conformément à nos attentes, de conceptions erronées comme dans le cas du problème E1.

#### 2.2.4. Problème E4

- Type de solution «*séquentielle*» (n = 11) : les élèves donnent les bonnes réponses en répondant d'abord pour le dipôle (L1 L2 L3), puis pour (L4), et enfin pour le dipôle (L5 L6). Ce type de solution correspond à l'analogie hydraulique, qui va «dans le sens du courant».

– Type de solution «*séquentielle avec départ à L4*» (n = 11) : les élèves donnent également les bonnes réponses mais commencent par le dipôle L4 (la lampe en série) puis le dipôle (L1 L2 L3) et enfin le dipôle (L5 L6). Ils analysent correctement les trois dipôles mais l'ordre ne correspond plus à l'analogie hydraulique et ne va pas «dans le sens du courant». On peut penser que les élèves donnent d'abord l'intensité de L4 car il n'y a rien à calculer du fait que cette lampe est en série.

– Type de solution «*globale / schéma*» (n = 5) : les élèves répondent 0,05 pour toutes les lampes car ils perçoivent globalement un circuit en dérivation et non les trois dipôles. Ils divisent donc 0,3 par le nombre total de lampes. Ils ont ramené ce problème complexe à un énoncé de problème prototypique (Rozencwajg, 1992).

– Type de solution «*globale / énoncé*» (n = 5) : les élèves répondent 0,3 car ils ne repèrent dans l'énoncé que l'information sur l'identité des lampes.

– Type de solution «*erronée*» (n = 5) : les élèves analysent le circuit de façon erronée, par exemple en considérant que les lampes L4 et L2 sont toutes les deux en série. L'intensité indiquée est alors de 0,3 A pour ces deux lampes.

– Type de solution «*calculatoire*» (n = 5) : les élèves effectuent des calculs qui n'ont rien à voir avec les lois ni avec des conceptions connues. Par exemple ils ajoutent successivement 0,3 ampère à chaque lampe. Les calculs effectués ne peuvent pas être interprétés comme pour le type de solution «*erronée*». En fait, nous n'avons pas réussi à comprendre la logique qui préside aux calculs réalisés par ces élèves.

Les réponses au problème E4 doivent être comparées à celles du problème E1. En effet, dans le problème E1, l'intensité du courant principal n'étant pas donnée dans l'énoncé, elle renforce la conception séquentielle où l'intensité de la pile est constante. Au contraire, dans le problème E4, l'information étant donnée, elle permet à l'élève utilisant un raisonnement séquentiel de ne pas échouer. C'est en effet le cas. Sur les 22 élèves qui réussissent le problème E4, 21 élèves sont «*séquentiels*» en ce qui concerne le problème E1. C'est donc bien ici le contexte qui influence la représentation élaborée par l'élève : dans le problème E4, l'élève «*séquentiel*» réussit ; dans le problème E1, l'élève «*séquentiel*» élabore soit une représentation «*séquentielle imagée*» soit une représentation «*séquentielle stricte*» : il active alors une conception où la pile est à intensité constante. Selon le contexte (intensité principale donnée ou non dans l'énoncé), le type de solution est différent. Le raisonnement séquentiel, qu'il soit sous-tendu par un format verbal déclaratif (énonciation de la loi) ou par un format imagé (analogie hydraulique) est efficace dans le problème E4.

Concernant les deux types de solutions «*globales par rapport à l'énoncé*» et «*par rapport au schéma*», l'élève a sélectionné dans le schéma ou dans l'énoncé, «*une interprétation d'un terme qui permet de ramener le problème à un problème connu*» (Richard, 1990, p. 24). Ainsi la réponse 0,05 montre que l'élève a interprété l'ensemble du schéma comme un circuit en dérivation à partir d'un indice partiel de branches parallèles. De même, la réponse 0,3 suggère que l'élève s'est appuyé sur l'indice d'identité des lampes.

Enfin, comme pour le problème E3, le type de solution «*calculatoire*» se manifeste clairement : ces élèves ajoutent les chiffres sans qu'aucune conception semble sous-jacente à ce calcul.

### 3. DISCUSSION

Pour chaque problème, chaque élève vient d'être caractérisé par un type de solution. L'objectif est de rechercher maintenant s'il existe une cohérence intra-individuelle des types de solutions sur l'ensemble des problèmes. Pour cela, nous avons procédé à une Analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM) et à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Cette classification a permis de dégager une typologie des élèves en cinq classes selon leurs types de solutions aux problèmes d'électricité (tableau 2). L'interprétation s'appuie sur l'analyse des tris croisés entre les classes issues de la classification et les types de solutions de chaque problème. Les  $\chi^2$  de chaque tri croisé sont tous significatifs à  $<.01$ .

Classes (N = 42)	Problème E1	Problème E2	Problème E3	Problème E4
Classe 1 (n = 13)	Séquentielle stricte (n = 11)	Séquentielle (n = 6)	- Fonctionnelle + Loi (n = 6) - Loi (n = 7)	Séquentielle (L4) (n = 8)
Classe 2 (n = 10)	Séquentielle imagée (n = 10)	Fonctionnelle (n = 6)	- Fonctionnelle + Loi (n = 4)	Séquentielle (L1, ..., L6) (n = 7)
Classe 3 (n = 8)	Modèle d'usure (n = 5)	Variable	Non réponse (n = 5)	Analyse erronée (n = 4)
Classe 4 (n = 5)	Calculatoire (n = 3)	Non fonctionnelle avec prototype (n = 2)	Loi (n = 4)	Globale / schéma (n = 3)
Classe 5 (n = 6)	Calculatoire (n = 4)	Echec (n = 5)	Calculatoire (n = 5)	Calculatoire (n = 4)

Tableau 2 : **Classification des élèves (5 classes) en fonction des types de solutions dans les différents problèmes.** L'analyse s'appuie sur les contributions signées au  $\chi^2$ .

Deux processus de pensée plus généraux nous paraissent pertinents pour analyser ces cinq regroupements de types de solutions (tableau 2) : les processus propositionnel et analogique définis en particulier par Lautrey (1987). Le traitement propositionnel possède les caractéristiques suivantes : les éléments de la représentation sur lesquels le sujet opère un traitement séquentiel sont codés séparément et arbitrairement ; une proposition extrinsèque à la représentation relie ces différents éléments. Au contraire, dans le traitement analogique, la représentation se présente sous forme d'une image dans laquelle les propriétés sont intrinsèques à la représentation.

Les types de solutions regroupés dans la classe 1 relèvent du processus propositionnel. En effet, comme dans le traitement propositionnel, les éléments du circuit sont codés séparément et arbitrairement ; l'élève opère un traitement séquentiel de ces éléments ; la loi reliant ces éléments est une proposition extrinsèque à la représentation. Ces caractéristiques du traitement propositionnel apparaissent dans les types de solutions mis en œuvre pour chacun des problèmes. Dans le problème E1, la pile est un élément codé de façon isolée et arbitraire comme débitant une intensité constante indépendamment du circuit, c'est-à-dire qu'il soit en série ou en dérivation ; le traitement est séquentiel ; la loi est donnée par le sujet comme une proposition de façon extrinsèque. Dans le problème E2, le sujet construit un circuit canonique avec nœuds qui a de nouveau un caractère arbitraire ; la loi est de nouveau donnée de façon extrinsèque (procédure de décomposition). Dans le problème E3, le sujet réussit en évoquant de nouveau la loi. Dans le problème E4, il réussit mais l'ordre de réponse pour les différentes intensités montre une représentation arbitraire, car il commence par l'intensité de la lampe L4, au lieu de commencer par la lampe L1.

Les types de solutions regroupés dans la classe 2 relèvent du processus analogique. En effet, comme dans le traitement analogique, le sujet évoque une image dynamique du circuit électrique basée sur l'analogie hydraulique et qui n'a plus le caractère arbitraire comme dans le traitement propositionnel. La loi n'est plus donnée explicitement car elle est intrinsèque à la représentation. Ces caractéristiques du traitement analogique apparaissent dans chacun des problèmes. Dans le problème E1, l'intensité du courant principal n'est plus arbitrairement constante mais varie selon le circuit ; l'élève justifie sa réponse en évoquant une image du circuit et applique correctement la loi sans la verbaliser. Dans le problème E2, l'élève construit un circuit fonctionnel qui n'a plus le caractère arbitraire observé dans le traitement propositionnel. Dans le problème E3, il évoque une intensité variable du circuit de façon dynamique. Dans le problème E4, le circuit est analysé «dans le sens du courant» et non de façon arbitraire («départ» à la lampe L1).

Il est difficile de qualifier les types de solutions regroupés dans la classe 3, car les élèves ont particulièrement mal intégré les connaissances du cours (problèmes E1, E3 et E4). Ils ne semblent pas avoir réalisé de compromis entre les conceptions spontanées et le cours comme c'est le cas du groupe 1. Pour le problème prototypique (E3), les élèves de ce groupe ne répondent pas «n'importe quoi» comme cela semble le cas dans le type de solution «calculatoire», mais ne donnent aucune réponse.

Les types de solutions regroupés dans la classe 4 relèvent du processus analogique. Les sujets fonctionnent en effet sur la base de



connaissances constituées en prototypes. Ces images sont efficaces pour des problèmes simples (réussite au problème E3). Quand le problème est complexe, le sujet le ramène à un schéma de problème qu'il connaît (problème E4). La conceptualisation (problème E1) est sommaire mais l'élève a acquis quelques connaissances prototypiques. Dans la construction du circuit (problème E2), il reproduit le prototype des lampes en parallèle.

Les types de solutions regroupés dans la classe 5 relèvent de routines de calcul avec peu de conceptualisation. Il est difficile de dire de quel processus ces solutions relèvent du fait que l'élève semble surtout ne pas vraiment traiter les problèmes. Ce mode de traitement «calculatoire» avait déjà été observé antérieurement (Rozencwajg, 1992).

Les résultats au questionnaire de connaissances confirment ces analyses. Le score au questionnaire a été catégorisé en trois modalités : faible, moyen et élevé, où le score élevé correspond à «zéro faute». L'analyse des contributions signées au  $\chi^2$  du tri croisé entre la classification (cinq classes) et ces trois modalités montre que les classes 1 et 4 contribuent au score élevé. La classe 2 contribue au score moyen. Les classes 3 et 5 contribuent au score faible.

Outre la classification de ces différences, il reste néanmoins qu'aucune différence individuelle ne s'est manifestée dans la comparaison entre la situation de prédiction de l'intensité (E1) et la construction des circuits (E2) : aucun élève n'a comparé spontanément les deux situations. Tiberghien (1990) nous permet d'analyser ce résultat, à savoir que l'élève ne met pas en relation une situation pratique et une situation théorique. Pour l'auteur, un obstacle épistémologique peut résulter de la différence entre les champs de pratique de la vie quotidienne et du savoir scientifique qui n'obéissent pas aux mêmes lois de cohérence. Les structures de connaissances des élèves, acquises à travers les expériences de la vie quotidienne, ont une cohérence liée aux résultats d'actions pratiques. Leurs interprétations peuvent paraître incohérentes du point de vue scientifique, alors que les conceptualisations utilisées dans les différentes situations n'ont pas besoin d'être compatibles pour les élèves. En revanche, les règles de cohérence de la pratique scientifique relèvent de la théorie et ont pour fonction l'interprétation la plus large possible du champ d'application. L'obstacle épistémologique relèverait donc de l'incommensurabilité entre les deux champs de pratique. De même, Weil-Barais (1995), reprenant précisément le résultat de cette recherche, l'analyse par le fait que *«l'observation d'un dispositif physique n'est pas la même chose que sa formalisation. Le type de formalisation peut induire certains modes de traitement que ne suggère pas le dispositif lui-même.»* (p. 432)

## 4. CONCLUSION

Les processus analogique et propositionnel, classiquement identifiés dans des tâches cognitives non spécifiques, ont pu être mis en évidence dans le cadre de domaines de connaissances sémantiquement structurés, comme c'est le cas de l'électricité. Ils offrent, nous semble-t-il, un cadre conceptuel heuristique pour l'identification des différences individuelles dans la façon de résoudre des problèmes scientifiques.

Cette complémentarité entre la didactique et la psychologie différentielle a été poussée plus loin car nous avons mis en relation les types de solution observés chez les élèves avec des dimensions cognitives générales évaluées par des tests d'intelligence (Rozencwajg, 1997). Les corrélations élevées entre des comportements très spécifiques observés dans la résolution de problèmes d'électricité, et des scores à des épreuves cognitives générales (aptitudes, styles cognitifs, métaconnaissances) montrent cette complémentarité. Pour ne donner que quelques résultats, un score faible dans le facteur général (*facteur G*) d'intelligence (tâche de raisonnement inductif) est lié de façon très claire avec une conceptualisation calculatoire ou prototypique des circuits électriques. À l'opposé, les conceptualisations plus élaborées construites par les élèves, qu'elles soient justes ou non, sont liées à un score en facteur G élevé. Un autre résultat est le fait que les élèves qui forment des images dynamiques et performantes du circuit (groupe 2) ont les meilleurs scores en aptitude spatiale (*rotation mentale*). Ces élèves s'opposent en particulier à ceux du groupe 3 chez qui l'on a constaté une absence de compromis entre les conceptions et le cours. Les élèves du groupe 3 sont des élèves ayant les scores les plus bas en aptitude spatiale. Leur niveau en facteur G est par contre dans la moyenne, contrairement aux élèves manifestant une conception calculatoire ou prototypique. Leur difficulté ne semble donc pas se situer au niveau de la capacité à conceptualiser. Il semblerait que leur faiblesse en aptitude spatiale les ait empêché de progresser dans le domaine de l'électricité. Les élèves du groupe 1, qui montrent une bonne conceptualisation et un bon niveau de connaissances, sont les seuls à obtenir un bon niveau de métaconnaissances et ils sont classés dans le style cognitif «réfléchi».

En conclusion, l'analyse des comportements cognitifs à l'école sous l'angle des conceptions des élèves *et* sous l'angle de processus de pensée plus généraux nous semble une approche heuristique pour mieux comprendre les échecs mais aussi les réussites.

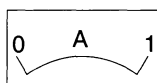
## BIBLIOGRAPHIE

- BASTIEN C. (1987). *Schémas et stratégies dans l'activité cognitive de l'enfant*. Paris, PUF.
- CAILLOT M. & CAUZINILLE-MARMÈCHE E. (1984). Rôle des schémas prototypiques dans la résolution de problèmes. In A. Giordan & J.-L. Martinand (Éds), *Signes et discours dans l'éducation et la vulgarisation scientifiques*, Actes des VI<sup>es</sup> Journées internationales sur l'éducation scientifique. Paris, Université Paris VII, UER de Didactique, pp. 405-413.
- CLOSSET J.-L. (1983). *Le raisonnement séquentiel en électrocinétique*. Thèse de doctorat, Université Paris 7.
- CLOSSET J.-L. (1988). Une possible méthodologie pour la recherche sur le raisonnement naturel en physique. Problématique et résultats dans le cas de l'électrocinétique. *Technologies Idéologies Pratiques*, vol. VII, n° 2, pp. 43-58.
- DUPIN J.-J. & JOHSUA S. (1988). Conceptions en électrocinétique. Permanences géographiques et évolution dans le temps. *Technologies Idéologies Pratiques*, vol. VII, n° 2, pp. 23-41.
- DUPIN J.-J. & JOHSUA S. (1994). Analogies et enseignement des sciences : une analogie thermique pour l'électricité. *Didaskalia*, n° 3, pp. 9-26.
- HUTEAU M. (1995). Les tests d'intelligence et la psychologie cognitive. In J. Lautrey (Éd.), *L'universel et le différentiel en psychologie*. Paris, PUF, pp. 385-412.
- JOHSUA S. (1982). *L'utilisation du schéma en électrocinétique : aspects perceptifs et aspects conceptuels. Propositions pour l'introduction de la notion de potentiel en électrocinétique*. Thèse de troisième cycle, Université de Provence.
- JOHSUA S. (1990a). La perdurance des obstacles épistémologiques : un révélateur de leur nature. In N. Bednarz & C. Garnier (Eds), *Construction des savoirs : Obstacles et conflits*. Ottawa, Cirade, Éditions d'Agence d'Arc, pp. 110-116.
- JOHSUA S. (1990b). Les conditions d'évolution des conceptions des élèves. In N. Bednarz & C. Garnier (Eds), *Construction des savoirs : Obstacles et conflits*. Ottawa, Cirade, Éditions d'Agence d'Arc, pp. 306-314.
- JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1987). La gestion des contradictions dans des processus de modélisation en physique, en situation de classe. In G. Vergnaud (Éd.), *Didactique et Acquisition des connaissances scientifique*, Actes du Colloque de Sèvres. Grenoble, La Pensée Sauvage, pp. 185-199.
- JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF.
- KHANH TRAN T. & BARIL M. (1995). La différence courant-tension dans les circuits électriques. In *Colloque franco-québécois : la Tutelle en sciences expérimentales*. GDSE P7 - CIRADE, 2-3 mars 1995, Paris 7, Document de travail.
- KOUMARAS P., KARIOTOGLOU P. & PSILLOS D. (1994). Devons-nous utiliser des phénomènes évolutifs en introduction à l'étude de l'électricité ? Le cas de la résistance. *Didaskalia*, n° 4, pp. 107-121.
- LAUTREY J. (1987). *Structures et fonctionnements dans le développement cognitif*. Thèse de doctorat d'état es-lettres et sciences humaines, Université Paris V.
- LAUTREY J. (1990). Esquisse d'un modèle pluraliste du développement cognitif. In M. Reuchlin et al. (Éds), *Cognition : L'universel et l'individuel*. Paris, PUF, pp. 185-216.
- LEMEIGNAN G. & WEIL-BARAIS A. (1993). *Construire des concepts en physique – L'enseignement de la mécanique*. Paris, Hachette.
- OLRY-LOUIS I. (1996). Les déterminants de la compréhension de textes historiques : différences individuelles et traitements pédagogiques. Communication orale au *XXVI International Congress of Psychology*, Montréal, 16-21 Août 1996.

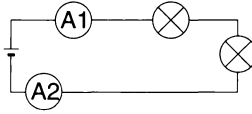
- REUCHLIN M. (1978). Processus vicariants et différences individuelles. *Journal de Psychologie*, n° 2, pp. 133-145.
- RICHARD J.-F. (1990). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris, Armand Colin.
- ROZENCWAJG P. (1992). Analysis of problem solving strategies on electricity problems in 12 to 13 year olds. *European Journal of Psychology of Education*, n° 1, pp. 5-22.
- ROZENCWAJG P. (1994). *Stratégies de résolution de problèmes scolaires et différences individuelles*. Thèse de doctorat, Université Paris V.
- ROZENCWAJG P. & TROSSEILLE B. (1996). Approches cognitive, didactique et différentielle de la représentation des concepts scientifiques. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, vol. 25, n° 2, pp. 285-306.
- ROZENCWAJG P. (1997). Entre les stratégies de résolution et les styles cognitifs : le concept de style de résolution. In Actes des XI<sup>es</sup> Journées de psychologie différentielle, Montpellier 8 et 9 septembre 1994. Service des publications de l'université Paul Valéry de Montpellier, pp. 149-164.
- SIMON D.P. & SIMON H.A. (1978). Individual differences in solving physics problems. In R.S. Siegler (Éd.), *Children's thinking : What develops ?* Hillsdale, Laurence Erlbaum Associates, pp. 325-348.
- SNOW R.E. (1989). Aptitude-Treatment Interaction as a framework for research on individual differences in learning. In P.L. Ackerman, R.J. Sternberg & R. Glaser (Éds), *Learning and individual differences*. New York, Freeman, pp. 13-59.
- TIBERGHEN A. (1990). Phénomènes et situations matérielles : quelles interprétations pour l'élève et pour le physicien? In N. Bednarz, & C. Garnier (Éds), *Construction des savoirs : Obstacles et conflits*. Ottawa, Cirade, Éditions d'Agence d'Arc, pp. 93-102.
- TROSSEILLE B. (1995). The development of 8- to 14-year olds concept of temperature : théoretical and methodological issues. Communication affichée au IV<sup>e</sup> European congress of Psychology, Athènes, 2-7 juillet 1995.
- WEIL-BARAIS A. (1993). *L'homme cognitif*. Paris, PUF.
- WEIL-BARAIS A. (1995). La formation des connaissances en Sciences Expérimentales. In D. Gaonac'h & C. Golder (Éds), *Manuel de Psychologie pour l'enseignement*. Paris, Hachette.

## ANNEXE : Questionnaire d'électricité

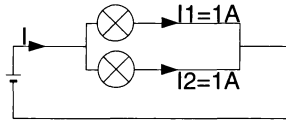
1. L'intensité, notée I d'un courant électrique se mesure avec :
2. L'unité de mesure de l'intensité du courant électrique est :  
Son symbole est :
3. L'ampèremètre ci-dessous peut mesurer au maximum une intensité de :



4. Dans le schéma ci-dessous, les deux ampoules sont en série. L'ampèremètre A1 indique 1 ampère. Quelle est l'intensité indiquée par l'ampèremètre A2 ?

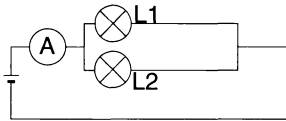


5. Dans le schéma ci-dessous, les deux ampoules sont en dérivation. Quelle est l'intensité de I ?

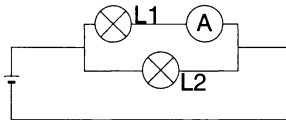


6. Dans le schéma ci-dessous, l'ampèremètre est branché correctement car il est branché en :

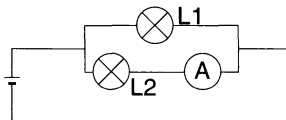
Il mesure l'intensité de :



7. L'ampèremètre mesure l'intensité de :

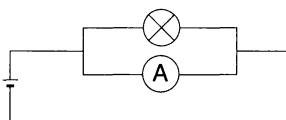


8. L'ampèremètre mesure l'intensité de :



9. Dans le schéma ci-dessous, l'ampèremètre est-il branché correctement ?

Il mesure l'intensité de :



# Quelles difficultés dans les tracés de caractéristiques ? Étude et analyse de cas en physique appliquée

**Bernard CALMETTES**

IUFM de Toulouse  
et  
LEMME / UPS  
31062 Toulouse cedex, France.

**Richard LEFÈVRE**

Laboratoire d'Étude des Méthodes Modernes d'Enseignement  
Bâtiment 3R2  
Université Paul Sabatier  
31062 Toulouse cedex, France.

## **Résumé**

*L'observation de séquences de classes en physique appliquée fait apparaître des difficultés chez les élèves et les enseignants à l'occasion du tracé de caractéristiques d'un moteur électrique. L'analyse des méthodologies employées et des graphiques réalisés nous conduit à réfléchir sur l'origine de ces difficultés. Les confusions paraissent relever d'un positionnement mal explicité sur les registres du modèle et du référent empirique.*

**Mots clés :** *tracé de caractéristiques, représentation graphique, modélisation.*

## **Abstract**

*Observing «Applied Physics» teaching sequences highlights students' difficulties in certain tasks such as drawing experimental graphs of electrical devices. An analysis of the methodologies used by students and the graphs they produced lead us to the origin of these difficulties. The confusion seems to stem from an unclear positioning between the model register and the empirical level register.*

**Key words** : graph drawing, graphical representation, modelling.

## **Resumen**

*La observación de secuencias de clases en física aplicada hace emerger las dificultades encontradas por los alumnos y profesores en relación con la traza de las características de un motor eléctrico. El análisis de la metodología empleada y de los gráficos realizados conduce a reflexionar sobre el origen de estas dificultades. Las confusiones parecen provenir de un posicionamiento no muy explícito sobre los dos registros del modelo y del referente empírico.*

**Palabras claves** : trazado de las características, representación gráfica, modelización.

## **1. PROBLÉMATIQUE**

Lors d'une précédente étude (Calmettes, 1992) faite d'après des réponses à un questionnaire papier-crayon portant, entre autres sujets, sur les caractéristiques d'un résistor, nous avons interprété des erreurs dans les réponses des élèves comme résultats d'une confusion entre :

- les grandeurs qui relevaient directement et uniquement des mesures expérimentales, du référent empirique,
- et les grandeurs qui avaient un rapport avec un modèle du composant électrique.

Nous avons voulu approfondir et compléter ces premiers résultats dans le cas particulier de l'étude du moteur asynchrone (MAS). Ce moteur est étudié en travaux pratiques (TP) en traçant ses courbes caractéristiques expérimentales.

Pour cela, nous avons réalisé des observations de séquences de TP de Physique Appliquée en classe de Terminale «Sciences et Technologies Industrielles» (STI), section Génie Électrotechnique.

Le tracé des caractéristiques expérimentales est une étape dans la construction du modèle de la machine. Nous nous proposons de préciser ce point, dans une perspective fonctionnelle prenant appui sur le schéma de la modélisation (Martinand, 1992, 1994) et dans une approche temporelle liée à l'ordre de réalisation des activités.

Si nous considérons, par exemple, la suite chronologique des opérations menées par les élèves pour tracer la caractéristique du moment du couple  $T$  en fonction de la fréquence de rotation  $n$  d'un moteur asynchrone, nous notons la séquence suivante.

1 – Relevé des mesures qui correspondent aux points de fonctionnement  $(T, n)$  et report de ceux-ci dans un **graphique de points** expérimentaux noté **G1**.

2 – Tracé de la **caractéristique expérimentale**, notée **G2**, à partir de ces points.

3 – Sélection de la partie utile de la caractéristique et linéarisation, association de celle-ci avec une ou plusieurs équations, aboutissant à la construction du modèle<sup>1</sup> du MAS. La **caractéristique idéalisée** est notée **G3**.

4 – Utilisation du modèle, par exemple pour résoudre des problèmes d'association machine-charge.

En reprenant le schéma de la modélisation, nous pouvons situer les opérations 1 et 2 dans le champ empirique ; l'opération 3 permet l'accès au registre du modèle : c'est la modélisation. L'opération 4 est un retour au référent empirique, *via* une éventuelle simulation (figure 1).

Les graphiques G1 et G2 sont relatifs au référent empirique, le graphique G3 se trouve dans le registre du modèle.

Précisons la nature des différentes activités amenant à la modélisation ; il convient, au sein du référent empirique, de procéder à plusieurs opérations.

1 – Reconnaître le but fixé : tracer un graphique représentatif pour un engin donné, ici le MAS, des points de fonctionnement (moment du couple, fréquence de rotation) notés  $(T, n)$ .

---

1. Il s'agit du modèle adopté en classe de Terminale. Le modèle ainsi réalisé possède les qualités de prévision et d'explication qui lui sont habituellement reconnues en sciences physiques (Larcher, 1994, pp. 9-24).

– Il permet des prévisions. Par exemple, on peut calculer le rendement de la machine ou déterminer le point de fonctionnement en fonction d'un cahier des charges.

– Il est possible d'expliquer certains des comportements de la machine : variation faible de la vitesse quand le couple résistant augmente.

Notons également que cette courbe devient, en classe de Terminale, représentative des comportements d'une famille de moteurs.



2 – Réaliser un dispositif expérimental.

3 – Effectuer des mesurages, ce qui implique de :

- choisir les variables et leur intervalle de variation,
- faire varier les grandeurs choisies et mesurer,
- reporter les mesures dans un tableau,
- en déduire les valeurs des grandeurs utiles : T et n.

4 – Tracer le **graphique G1** : reporter, après choix des échelles, les valeurs des grandeurs utiles notées dans le tableau de mesures afin de repérer les **points de fonctionnement expérimentaux**.

5 – Tracer la **caractéristique G2** : abstraire des quelques points de fonctionnement déterminés par mesurages, un ensemble de points de fonctionnement représentés par un **trait continu**.

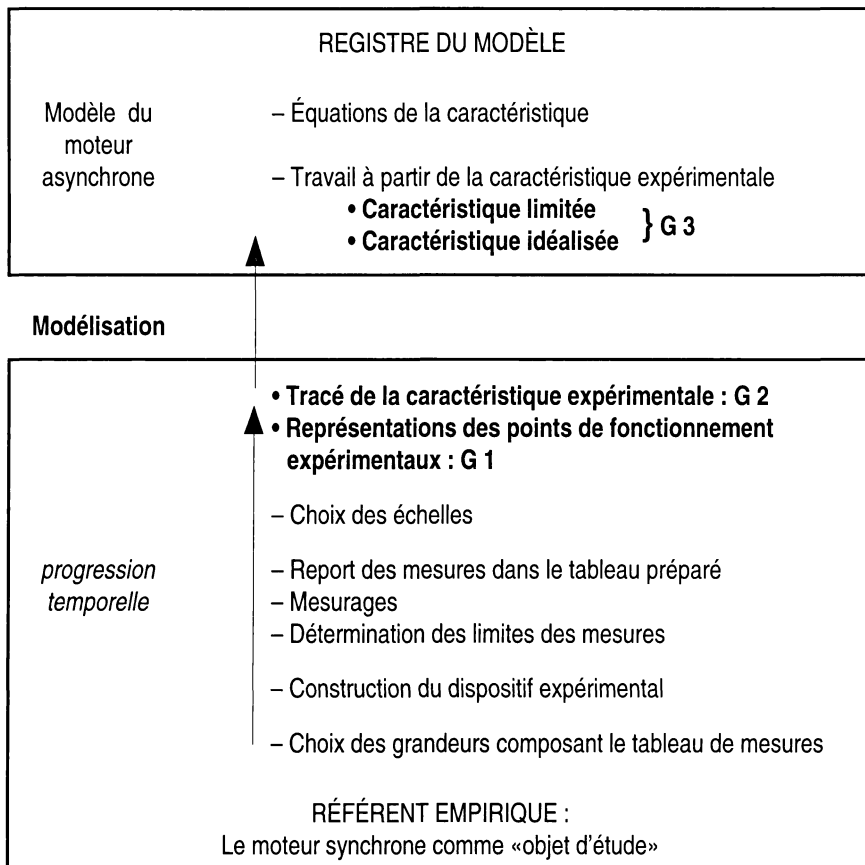


Figure 1 : Tracés de graphiques et modélisation du MAS en classe de Terminale STI génie électrotechnique

Nous mettons ainsi en évidence que le passage du référent empirique au registre du modèle s'effectue, pour l'élève, dans une sorte de continuum, alors que les opérations effectuées relèvent en fait de registres distincts. Le travail réalisé sur la caractéristique, au niveau du modèle, est relatif à un comportement idéal et partiel, ne correspondant pas exactement avec le comportement expérimental. Le changement de registre n'étant pas clairement explicité, l'élève peut modéliser «trop tôt», en négligeant des valeurs expérimentales qui seraient utiles, ou «trop tard», en intégrant des valeurs expérimentales à des caractéristiques déjà construites.

Nous formulons l'hypothèse que des difficultés, des confusions, existent, chez les élèves et même chez les enseignants, relativement aux tracés des caractéristiques expérimentales, dues à un positionnement mal explicité sur le registre du référent empirique ou sur celui du modèle.

## **2. L'OBJET D'ÉTUDE : LE MOTEUR ASYNCHRONE, SES CARACTÉRISTIQUES**

Le moteur asynchrone (MAS) est le plus utilisé de tous les types de moteurs électriques existants. Il est robuste, facile à construire et donc peu coûteux en fabrication et en maintenance. Le MAS est notamment utilisé lorsque la variation de vitesse de la charge est notifiée dans le cahier des charges fonctionnel de l'ensemble technique. La machine est alors couplée à un dispositif de commande et d'alimentation dédié de type onduleur ou pilotage vectoriel avec ou sans capteurs de données.

La caractéristique électromécanique, dite aussi «de couple», d'un MAS alimenté sous tension nominale peut-être décrite de façon typique, en se référant aux manuels scolaires, par le tracé suivant (figure 2) :  $T_{em} = f(n)$ . Dans le cadre de l'enseignement, les couples  $T_{em}$  sont exprimés en Nm et les fréquences de rotation  $n$  en tr/min. Dans la suite, nous utiliserons indifféremment la notation  $T_{em}$  ou la notation usuelle  $T$  pour désigner le couple électromagnétique.

La valeur de la fréquence de rotation au synchronisme dépend de caractéristiques de la machine et de la valeur de la fréquence des tensions d'alimentation. Pour une fréquence de 50 Hz, le moteur utilisé par les élèves, lors de la séquence étudiée, avait une fréquence de rotation au synchronisme égale à 1500 tr/min.

Tem ou T : moment du couple électromagnétique

n : fréquence de rotation

$T_M$  : valeur maximale du moment du couple

$n_s$  : fréquence de rotation au synchronisme

$n_N$  : fréquence de rotation nominale

$T_N$  : moment du couple nominal

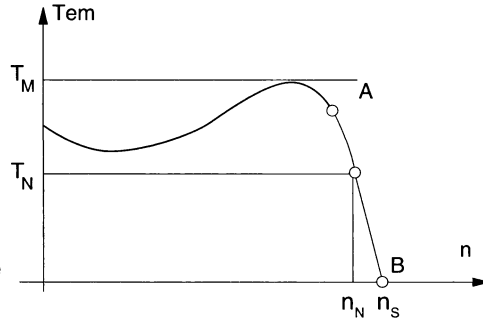


Figure 2 : **Caractéristique de couple d'un MAS**

La partie de la caractéristique correspondant à des utilisations du moteur doit obéir à certaines contraintes :

- pertes énergétiques faibles : en première approximation, on peut considérer que cela correspond à un choix de fréquence de rotation voisine de  $n_s$  ;

- stabilité dynamique : une augmentation accidentelle du couple résistant au niveau de la charge doit être accompagnée automatiquement, de par la nature physique de la machine, de la diminution de la fréquence de rotation de l'ensemble (fonctionnement stable) ; ceci correspond à la partie AB de la courbe : **c'est le graphique G3, caractéristique limitée et idéalisée du MAS** ;

- existence d'une zone sécuritaire : le fabricant précise que le couple utilisé doit être inférieur à  $0,6 T_M$  par exemple.

Les couples utiles sont alors généralement inférieurs ou égaux au couple nominal. Il leur correspond une partie utile pour la caractéristique pratiquement linéaire.

On définit le glissement comme l'écart relatif de la fréquence de rotation par rapport à la fréquence de rotation au synchronisme.

$$g = \frac{n_s - n}{n_s}$$

On peut alors tracer la courbe donnant le moment du couple électromagnétique  $T_{em}$  en fonction du glissement  $g$  :  $T_{em} = f(g)$  (figure 3). La courbe  $T_{em}(g)$  dans le domaine d'utilisation (glissement faible) correspond à une relation de proportionnalité, c'est une droite.

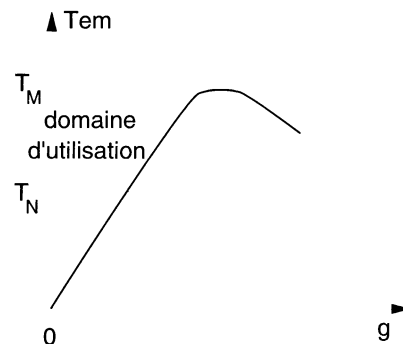


Figure 3 : **Caractéristique  $T_{em} = f(g)$  d'un MAS**

L'étude du moteur asynchrone alimenté sous différentes tensions pour une fréquence fixée présente un intérêt pour la compréhension du dispositif de démarrage étoile-triangle (noté Y-D). Sous une alimentation en étoile, notée Y, la tension aux bornes d'un enroulement de la machine est la tension simple entre phase et neutre ; sous une alimentation en triangle notée D, c'est la tension composée entre phases qui se trouve aux bornes de chaque enroulement.

Les caractéristiques électromécaniques correspondant à ces montages sont données sur la figure 4.

Elles mettent en évidence la variation du couple avec la tension d'alimentation.

On montre que  $T_D = 3.T_Y$  pour des tensions triangle et étoile dans un rapport de  $\sqrt{3}$ .

D'une façon plus générale, en notant  $V$  la valeur efficace de la tension aux bornes d'un enroulement, on est amené à la conclusion que la valeur du moment du couple électromagnétique  $T_{em}$  est proportionnelle au carré de la valeur efficace de la tension d'alimentation  $V^2$ , à fréquence de rotation donnée.

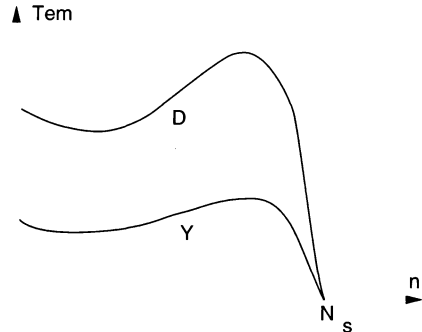


Figure 4 : Caractéristiques du couple du MAS dans les cas d'une alimentation étoile (Y) et d'une alimentation triangle (D)

Le MAS peut être associé à un convertisseur statique du type onduleur qui l'alimente sous une tension alternative de valeur efficace  $U$ , de fréquence  $f$  réglable et telle que  $U/f$  soit une constante. La fréquence de rotation au synchronisme étant directement proportionnelle à la fréquence de la tension d'alimentation, il devient alors possible d'obtenir, dans un très large domaine, le réglage de la fréquence de rotation.

Les nouvelles caractéristiques sont données sur la figure 5.

$U_1 > U_2 > U_3$ .

La valeur maximale du moment du couple est constante.

Les parties utiles des caractéristiques sont linéaires et parallèles ; elles se déduisent l'une de l'autre par translation.

La valeur réglable des fréquences de rotation au synchronisme et la constance de la pente de la caractéristique dans sa partie utile mettent en évidence l'avantage de ce procédé pour l'obtention de la variation de vitesse.

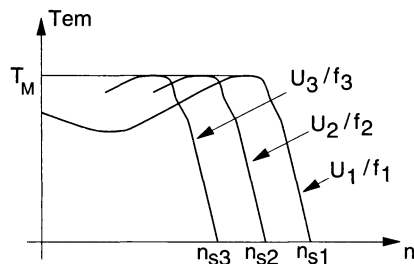


Figure 5: Caractéristiques de couple du MAS alimenté par un onduleur en  $U/f$  constant pour différentes valeurs de  $U$  et de  $f$

En perspective avec les observations de classe réalisées, on retiendra que les élèves vont être confrontés, dans les études proposées par l'enseignant, à différentes **caractéristiques** présentant toutes le même **caractère de linéarité dans les domaines recommandés pour l'utilisation du MAS**. Ce sont :

– la caractéristique de couple présentée sous la forme  $T_{em}(n)$  (figure 2) ou  $T_{em}(g)$  (figure 3) ;

– les courbes représentatives du moment du couple en fonction du carré de la valeur efficace de la tension d'alimentation à fréquence constante  $T_{em}(V^2)$  ;

– les caractéristiques de couple dans le cas de l'alimentation par un onduleur à  $U/f$  constant (figure 5).

De plus, les courbes  $T_{em}(g)$  et  $T_{em}(V^2)$  passent par les origines des axes.

### 3. OBSERVATION DES SÉQUENCES

Les séquences observées ont été réalisées dans une classe de Terminale Sciences et Technologies Industrielles, série Génie Électrotechnique, d'un lycée d'enseignement général et technologique de la région Midi-Pyrénées. Les élèves ont suivi un parcours classique dans un second cycle non professionnalisé : Seconde, Première et Terminale. L'enseignant est agrégé de Physique Appliquée et conseiller pédagogique.

Il s'agit pour les élèves de tracer les caractéristiques de couple d'un moteur asynchrone alimenté de différentes façons : tensions variables et fréquences fixes, onduleur à rapport  $U/f$  constant.

Les élèves de la classe sont divisés en quatre groupes de sept, ce qui permet à l'enseignant de travailler avec des effectifs réduits.

Deux dispositifs différents sont proposés :

– un banc d'essai en partie automatisé permettant des lectures automatiques de la fréquence de rotation et du couple mécanique ;

– un banc d'essai manuel avec dynamo tachymétrique pour la détermination de la fréquence de rotation et dynamo balance pour la mesure du moment du couple.

Par permutation sur les deux séquences, chaque élève effectue au total six heures de TP.

Nous avons suivi deux séances de travaux pratiques, soit douze heures d'observation. Les séances se sont déroulées sur deux semaines, dans les mêmes conditions matérielles et de durée. Dans l'intervalle, aucun apport théorique ou pratique relatif aux objectifs de l'apprentissage n'a été apporté par l'enseignant.

Le changement de groupes d'élèves et l'ordre des manipulations n'ont pas semblé avoir d'importance vis-à-vis des difficultés repérées et analysées. Les tracés dont nous discuterons dans les parties suivantes ont été observés dans toutes les séances, avec les deux groupes.

Nous avons particulièrement fait porter nos observations sur les différentes interventions orales et sur les traces écrites produites par les élèves et l'enseignant (tableaux, graphes, caractéristiques). Les supports suivants ont été utilisés pour le recueil des données :

- enregistrement sonore des interventions magistrales de l'enseignant et des remarques faites par les élèves en petits groupes ; nous en avons extrait quelques citations dans ce qui suit ;
- photographies des matériels et des traces écrites par l'enseignant au tableau ;
- relevé des tracés de graphiques de type G2 effectués par les élèves ; c'est sur ce type de données que nous présenterons nos interprétations ;
- recueil de comptes-rendus d'élèves ;
- prise de notes en temps réel, par le chercheur, de toute information jugée pertinente vis-à-vis de la problématique de la recherche.

## 4. QUELQUES ÉLÉMENTS SIGNIFICATIFS

Les élèves arrivent avec peu de connaissances concernant le MAS lui-même. Seul le phénomène d'asynchronisme a été observé et rapidement explicité dans une séquence de cours sur les champs tournants et leurs applications. Le glissement a ainsi été défini qualitativement et quantitativement.

L'enseignant présente les manipulations, en utilisant un dispositif d'enregistrement relié à un ordinateur (ExAO). Il procède à un premier relevé de points de fonctionnement relatifs à la caractéristique de couple (sous 220 V, 50 Hz) du MAS puis à de nouveaux enregistrements avec des tensions différentes (127 V, 180 V, 254 V) mais toujours sous la même fréquence (50 Hz). La discussion avec les élèves amène un certain nombre de conclusions se rapportant à la fréquence de rotation au synchronisme,

au couple maximal, au point de fonctionnement et aux zones de fonctionnements stable et instable. Il distribue alors des fiches de travail. Celles-ci sont conçues de manière que les élèves puissent travailler par petits groupes autonomes. L'enseignant intervient cependant systématiquement pour vérifier les montages et les résultats expérimentaux obtenus.

Nous nous limiterons, dans le cadre de cet article, aux données relatives aux tracés des caractéristiques précédemment décrites (cf. paragraphe 2) :  $T_{em} = f(n)$  dans le cas général et dans le cas d'alimentations sous différentes tensions à fréquence fixe et avec un onduleur à U/f constant :  $T_{em} = f(g)$  ;  $T_{em} = f(V^2)$ .

#### 4.1. Qu'est-ce qu'une caractéristique ?

Deux définitions sont données par l'enseignant.

La première est apportée de façon explicite suite au premier enregistrement de points de fonctionnement avec le dispositif informatique : «*La caractéristique est l'ensemble des points donnant le couple T en fonction de la fréquence de rotation n*». La «caractéristique» est donc liée, ici, aux **valeurs déterminées expérimentalement**, le registre de référence est donc empirique.

Tout de suite après, il demande aux élèves de comparer la caractéristique du MAS avec celle du moteur à courant continu étudiée précédemment. La deuxième définition est alors donnée par l'utilisation possible des tracés modélisés lorsqu'il dessine au tableau uniquement les **parties utiles et idéalisées**, qu'il appelle également «*caractéristiques*», sans autre précision, pour argumenter les termes de ressemblance entre les deux machines (le registre est donc celui du modèle).

On note donc que la définition de la caractéristique peut adopter deux statuts différents pour l'enseignant, l'un directement lié aux valeurs expérimentales, l'autre tenant compte d'aspects utilitaires et déjà modélisé.

#### 4.2. La préparation des tableaux de valeurs

La première caractéristique expérimentale que les élèves ont à tracer est  $T = f(n)$  où T est le couple et n la fréquence de rotation. Ces deux grandeurs ne sont pas directement mesurables quand les élèves utilisent le banc d'essai manuel.

Le schéma du montage proposé par l'enseignant est reproduit figure 6. On distingue trois parties (de gauche à droite) :

- l'alimentation et le moteur asynchrone triphasé ;
- le dispositif permettant d'obtenir le couple résistant et sa mesure (dynamo balance) ;
- le dispositif de mesure de la fréquence de rotation (dynamo tachymétrique associée à un voltmètre).

Dans l'ensemble matériel correspondant, le moteur, la dynamo balance et la dynamo tachymétrique ont le même axe de rotation.

La valeur du moment du couple est obtenue par calcul et par mesure grâce à la relation  $T = m.g.d$  où  $m$ ,  $g$  et  $d$  représentent respectivement la masse du contrepoids, l'accélération de la pesanteur et la distance entre la position du contrepoids porté par le bras gradué de la dynamo balance et l'axe de l'ensemble motorisé (valeur lue directement en cm).

La valeur de la fréquence de rotation  $n$  est obtenue par calcul à partir de la valeur de la tension notée  $v$  apparaissant aux bornes de la dynamo tachymétrique. En effet, sur celle-ci est notée l'indication «30 V correspondent à 1500 tr/min».

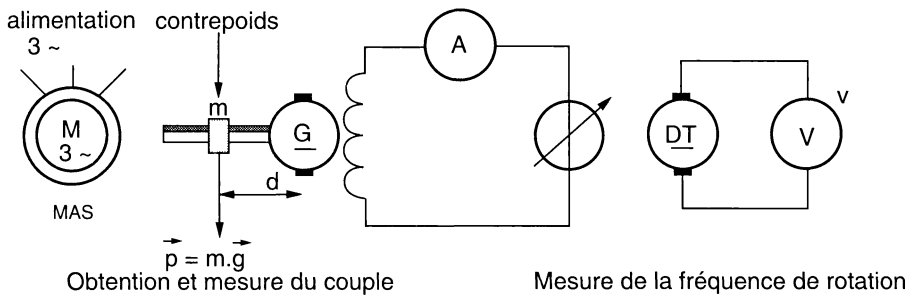


Figure 6 : Montage expérimental pour le tracé de la caractéristique de couple. Banc manuel

Les élèves préparent le tableau suivant (figure 7) :

<b>v</b>						
<b>m</b>						
<b>d</b>						

Figure 7 : Tableau proposé par les élèves



Les grandeurs apparaissant dans ce tableau sont celles qui sont directement accessibles, y compris la masse alors qu'elle est constante. Les unités ne sont précisées qu'à la suite de la première série de mesures. Elles correspondent aux indications portées sur les appareils : distance  $d$  en cm, masse  $m$  en kg et tension  $v$  en V.

Lors du contrôle des résultats, l'enseignant demande aux élèves de refaire le tableau en ne faisant intervenir que les grandeurs pertinentes à l'étude : le moment du couple et la fréquence de rotation. L'obtention de ces grandeurs semble perturber les élèves. Le professeur leur donne alors des éléments de solutions, en rappelant les origines physiques des grandeurs (fonctionnement d'une dynamo tachymétrique, définition du moment d'un couple mécanique) et en leur indiquant une méthodologie rapide, par calcul mental, permettant d'obtenir les résultats attendus.

### 4.3. Les graphiques tracés par les élèves

L'activité de mesure terminée, les élèves sont confrontés aux tracés des caractéristiques demandées dans les fiches de travail.

Nous présentons ici les premiers tracés ; ceux-ci seront finalement corrigés par le professeur de façon directive sans véritable questionnement ni de la part des élèves, ni de la part de l'enseignant.

#### 4.3.1. Un tracé contenu dans un intervalle

Certains élèves du groupe étudiant le moteur en association avec l'onduleur en  $U/f$  constant font remarquer que «*la plus petite valeur du "couple", en dehors de la valeur nulle n'est pas si petite que cela. Elle est obtenue pour un emplacement du contrepois à 14 cm de l'axe...*».

L'appareil ne permettant pas de rapprocher davantage le contrepois de l'axe de rotation, les élèves ajoutent : «*on va manquer de points pour les faibles valeurs de  $T$  !*».

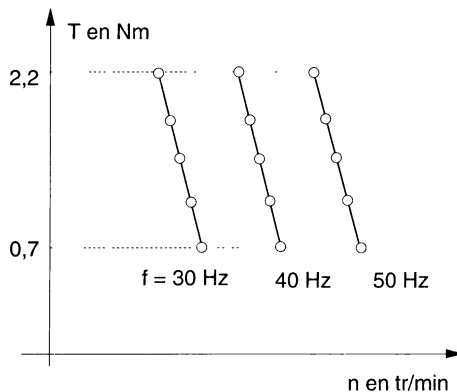


Figure 8 : Tracés contenus dans un intervalle. Alimentation d'un MAS par un onduleur en  $U/f = \text{constante}$

Le tracé des courbes (figure 8) va être souvent, dès lors, limité au domaine pour lequel il y a eu effectivement possibilité de mesure d'une valeur du couple (mais sans prise en considération de l'équilibre initial pour lequel  $m = 0$  kg, donc pour  $T = 0$  Nm). Les courbes sont donc tracées seulement entre  $T = 0,7$  Nm et  $T = 2,2$  Nm.

Remarque : les mêmes tracés partiels apparaissent un peu plus tard lors de l'étude de  $T = f(g)$  et de  $T = f(V^2)$ . Les élèves tracent un segment de droite limité par les extrêmes des valeurs des grandeurs autres que celle pour laquelle le moment du couple est nul...

#### 4.3.2. Un tracé par succession de segments

On relève des courbes tracées par succession de segments de droite (figure 9).  
Le tracé automatique de la caractéristique par l'intermédiaire du logiciel procède de la même façon.

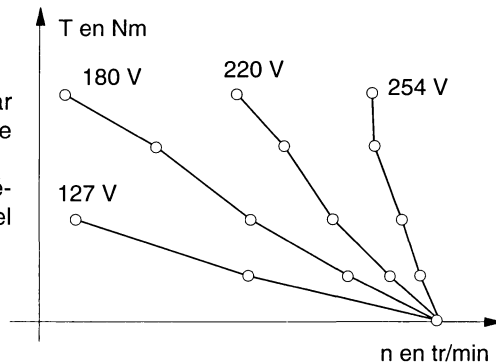


Figure 9 : **Tracé par succession de plusieurs segments.** Alimentation du MAS sous différentes tensions, à fréquence fixe (50 Hz)

#### 4.3.3. Des tracés influencés...

*A – ... par l'enseignant*

Celui-ci se place implicitement, mais résolument, sur le registre du modèle en indiquant clairement son attente d'une caractéristique linéaire.

• Il indique aux élèves : «*Il vous reste à tracer  $T(g)$ . Vous devez avoir une droite car  $T$  est proportionnel à  $g$ . Il vous reste aussi à tracer  $T(V^2)$ . Vous devez là aussi avoir une droite qui passe par l'origine car  $T$  est proportionnel à  $V^2$ . C'est du type  $y = a.x$  ;  $T = a.V^2$ .*»

Repérant quelques hésitations chez les élèves, il reprend : «*On a proportionnalité et si ça ne passe pas par l'origine, on n'a pas proportionnalité. Comme on a  $T = a.V^2$ , cela signifie que l'on a une droite et que cette droite passe par l'origine. C'est indispensable.*»

• Avant que les élèves aient fini le tracé de  $T(n)$ , l'enseignant demande : «*Est-ce que vous avez fini de tracer la droite ?*»

Un élève répond alors : «*Je ne comprends pas, pour avoir une droite, je devrais trouver 1490 tours par minute et j'ai 1494 !*»... La valeur théorique 1490 est alors placée dans le tableau de mesures en lieu et place de la valeur expérimentale 1494.

• Lors de l'expérimentation avec le banc automatisé et l'ensemble MAS-onduleur en  $U/f = \text{Cte}$ , l'enseignant effectue un relevé de points de mesure grâce au montage permettant le tracé automatique informatisé. Le professeur observe sur l'écran les tracés de ces points et remarque : «*Avant d'imprimer, je vérifie que les points semblent bien alignés... Tiens, là, il manque un point ; je le placerai tout à l'heure à la main avant de faire la photocopie...*»

**B** – ... par la connaissance d'un point théorique connu

Au cours des séquences que nous avons observées, les valeurs expérimentales de la grandeur fréquence de rotation sont systématiquement décalées à cause d'un problème de réglage initial de la dynamo tachymétrique. La droite  $T = f(n)$  qui devrait normalement passer par le point théorique ( $T = 0 \text{ Nm}$ ,  $n = n_s$ ) subit une légère translation horizontale, d'environ 10  $\text{tr.min}^{-1}$ . De fait, elle coupe l'axe des fréquences de rotation en un point qui semble «impossible», pour lequel la fréquence de rotation est supérieure à la fréquence de rotation au synchronisme.

Les élèves proposent alors les tracés de caractéristiques suivants.

• B 1 – Un tracé moyen

Certains élèves tracent un segment «moyen» (figure 10) passant par le couple de valeurs ( $T = 0 \text{ Nm}$ ,  $n = n_s$ ). Ils assimilent ainsi cette valeur théorique, du registre du modèle, à une valeur expérimentale du registre empirique.

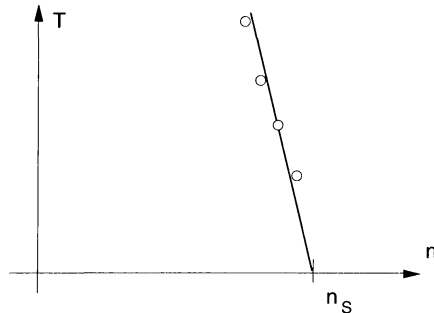


Figure 10 : **Tracé moyen.**  
Caractéristique de couple d'un MAS

- B 2 – Un tracé par succession de deux segments

D'autres élèves tracent une suite de deux segments de droite (figure 11) : l'un passe par les points de fonctionnement obtenus (champ empirique), l'autre relie le plus bas de ces points au point correspondant au point théorique  $T = 0 \text{ Nm}$ ,  $n = n_s$  (registre du modèle).

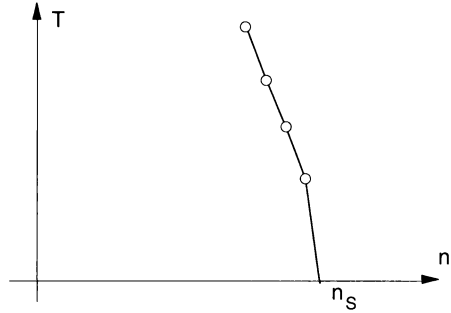


Figure 11 : **Tracé par succession de deux segments.**  
Caractéristique de couple d'un MAS

Dans ces deux cas (B1 et B2), le point de fonctionnement correspondant à  $T = 0 \text{ Nm}$ , bien qu'ayant donné lieu à une mesure, n'est pas relevé sur le graphique.

- B 3 – Un tracé basé uniquement sur les mesures

Un seul élève trace un segment de droite passant uniquement par les points expérimentaux du champ empirique (figure 12). Il note sur sa feuille l'écart entre le point obtenu par l'expérience et le point théorique ( $T = 0$ ,  $n = n_s$ ) en indiquant : «*imprécision de la dynamo tachymétrique*».

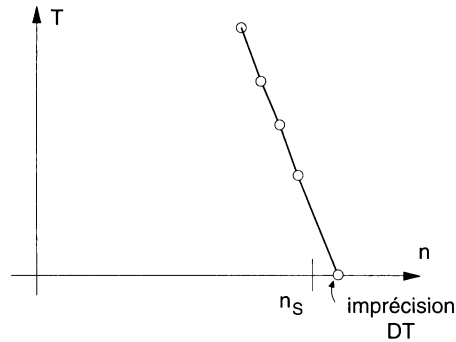


Figure 12 : **Tracé basé sur les mesures.**  
Caractéristique de couple d'un MAS

#### 4.4. Variabilité des types de tracés effectués

La typologie des différents tracés effectués n'est pas liée à des catégories d'élèves caractérisables. Nous avons pu observer une certaine variabilité dans les tracés effectués pour chaque élève. Cette variabilité s'inscrit dans le temps (passage d'un type de tracé à un autre pour une même situation) et est sensible aux circonstances de production.

Il semblerait, d'une façon générale, que cette variabilité soit à mettre en relation avec certaines variables de contexte susceptibles d'influencer le tracé de la caractéristique :

– **le matériel** : le nombre de points de fonctionnement obtenus expérimentalement, la présentation générale de ces points sur le graphique (le choix des échelles peut amener à des écarts, plus ou moins importants entre les points) semblent susceptibles d'influencer les tracés ;

– **l'organisation des activités dans la classe** : les travaux de groupes, les échanges entre élèves mais surtout la pression des directives de l'enseignant amènent les élèves à modifier leurs premiers tracés.

Par exemple, l'enseignant, repérant des difficultés chez les élèves (tracés partiels), rappelle systématiquement la première mesure faite : « *on a vu que pour  $m = 0$  kg, on avait la valeur de la fréquence de rotation au synchronisme, donc  $n_s$*  ».

Et il ajoute : « *Prolongez vos courbes jusqu'à cette valeur.* »

De même, un peu plus tard, il annonce : « *Il faut que les caractéristiques que vous tracez soient des droites passant par la valeur de la fréquence de rotation au synchronisme puisque quand la machine tourne à vide, la fréquence est égale à la fréquence au synchronisme  $n_s$*  » ;

– **la démarche de vérification des données** : un examen critique peut conduire à une remise en cause d'un type de tracé (repérage d'un point douteux pouvant conduire à un nouveau mesurage) ;

– **le savoir mathématique disponible** : il conduit les élèves à rechercher des représentations graphiques élémentaires (droites) qui sont les plus simples à exprimer analytiquement.

## 5. ANALYSE DES PRODUCTIONS DES ÉLÈVES

Les éléments que nous venons de décrire permettent de montrer que le positionnement sur le registre empirique ou sur celui du modèle est, la plupart du temps, implicite.

### 5.1. La préparation des tableaux de valeurs (cf. 4.2)

L'absence de mise en place des grandeurs pertinentes dans le tableau pour le relevé graphique des points de fonctionnement révèle un manque de mise en relation des mesures faites avec leur objectif final. Il n'y a pas passage des grandeurs mesurables aux grandeurs utiles au tracé de la « caractéristique expérimentale ». L'activité est bien située dans le champ empirique, mais elle ne peut être menée à bien que si l'élève a déjà conceptualisé les phénomènes qui se déroulent dans ce champ.

## 5.2. Les graphiques tracés par les élèves, les apports de l'enseignant (cf. 4.1 et 4.3)

– **Le tracé ne prenant en compte que les valeurs expérimentales** (figure 12) peut être considéré comme celui correspondant à la production attendue (G2), car il se situe explicitement dans le seul référent empirique.

– **Le tracé contenu dans un intervalle** (figure 8) peut être considéré comme une restriction du champ empirique aux seules valeurs directement accessibles par le dispositif de mesure. Les points expérimentaux pour lesquels  $T = 0$  ne sont pas considérés. La description du champ empirique (la phénoménographie) est donc incomplète pour ces élèves, ce qui pourrait constituer un obstacle pour le passage au registre du modèle.

– **Le tracé par succession de segments** (figure 9) pose des questions sur le passage du registre empirique à celui du modèle :

- est-ce simplement la liaison de points successifs permettant d'avoir une vue globale approximative, sans intention de lissage ? L'élève se cantonnerait alors dans le champ empirique, et n'attribuerait pas de signification physique particulière au segment reliant deux points ;

- ce tracé peut-il être considéré comme une abstraction par parties distinctes ? L'élève concevrait-il l'existence possible de points de fonctionnement sur le segment de droite reliant deux mesures effectives ? Il matérialiserait alors ce possible par un segment. Là encore, l'élève se situe prioritairement dans le champ empirique, car le tracé complet d'une droite témoignerait d'un passage à la modélisation.

Ces différentes possibilités demanderaient à être approfondies. Nous n'avons pas encore de résultats expérimentaux suffisants à ce propos.

– Le **tracé moyen** (figure 10), le **tracé par deux segments non alignés** (figure 11) résultent de rencontres prématurées entre des valeurs expérimentales et des valeurs théoriques, entre registre empirique et registre du modèle. La modélisation se fait en confondant malencontreusement valeurs expérimentales et théoriques.

On retrouve ce même phénomène dans le cas de l'observation de l'enseignant (cf. 4.1) quand il passe directement (en quelques secondes) de la caractéristique "complète et expérimentale" (production G2) à la partie utile de la caractéristique modélisée (production G3), avant que les caractéristiques expérimentales aient été tracées par les élèves et donc avant que la modélisation elle-même ait effectivement été réalisée.

Il y a une **contagion de référence** (Lerouge<sup>2</sup>, 1993) conduisant à une **contamination de sens** entre les deux registres, les élèves et/ou l'enseignant donnant apparemment à une valeur théorique appartenant au modèle le statut d'une valeur expérimentale. Le passage d'un registre à l'autre n'est pas assez explicite, ce qui entraîne des «enjambements» : l'introduction hâtive des valeurs théoriques réduit la profondeur de l'étude du champ empirique.

La «contagion» qui désigne ici le transport dans le référent empirique de données perturbatrices provenant du référent du modèle conduit :

– d'une part, à une remise en cause du statut des deux référents et à travers cela du statut du réel ;

– d'autre part à un dysfonctionnement didactique, car on perturbe ainsi le processus de construction du modèle, le graphique «expérimental» tracé par les élèves possédant déjà de façon arbitraire des données issues du modèle.

## 6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les séquences observées nous ont permis de relever des difficultés chez les élèves et leur enseignant liées aux tracés des caractéristiques des moteurs asynchrones et aux processus de modélisation de ces machines.

L'analyse prend pour support la description des activités liées à ces processus en mettant en évidence l'articulation entre les différents graphiques : tracé des points de mesures expérimentaux, tracé de la caractéristique expérimentale, tracé de la caractéristique idéalisée, modélisée.

Il est alors possible de repérer le lieu des difficultés rencontrées par les élèves :

– au sein des activités liées à l'expérience : préparation naïve des tableaux de données, courbes limitées ou tracées par simple succession de segments ;

– dans l'articulation entre les deux référents : tracés expérimentaux forcés par des valeurs théoriques.

---

2. Les travaux de A. Lerouge en didactique des mathématiques sont relatifs à des difficultés repérées chez des élèves dues à des interactions entre signifié, signifiant et référence. Il montre particulièrement «*en quoi la lecture de l'intersection de deux droites [...] se trouve perturbée par contagion de signifiant (les traits dessinés) et par contagion de référence (les mouvements représentés)*». Bien que nous traitions une question de forme différente, il nous a semblé que les fonds des deux recherches (celle de Lerouge et la nôtre) étaient semblables. C'est pourquoi nous avons repris son idée de «*contagion de référence*».

Ce dernier point pourrait conduire à de nouvelles réflexions et propositions sur la place des activités expérimentales et de leurs productions graphiques dans la construction des savoirs.

La lecture attentive des modes opératoires relatifs aux montages expérimentaux, aux mesurages et aux déterminations des tracés des caractéristiques dans le référent empirique est à l'origine de l'idée d'une possible reproductibilité de ces opérations dans des domaines proches, en électronique ou en électricité. Il serait alors pertinent pour des chercheurs d'observer si, dans ces domaines également, des difficultés du même ordre que celles décrites précédemment existent, chez les élèves comme chez les enseignants.

## BIBLIOGRAPHIE

- CALMETTES B. (1992). *Acquis en électrocinétique à courant continu : comparaison 1ère F3 / 1ère d'adaptation F3*. Mémoire de DEA, Toulouse, UPS/LEMME. pp. 31-32.
- CALMETTES B (1993). Acquis en électrocinétique à courant continu. In *Tréma, Actes du deuxième séminaire national de recherche en didactique des sciences physiques*. Sète, Montpellier IUFM, pp. 37-48.
- Équipe INRP-LIREST (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation*. Paris, INRP.
- LARCHER C. (1994). Étude comparative de démarches de modélisation. Quelles sont les caractéristiques des démarches de modélisation ? In Équipe INRP/LIREST, *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris, INRP-LIREST, pp. 115-125.
- LEROUGE A. (1993). Contagion de signifiant et contagion de référence sur la conceptualisation mathématique de l'intersection de deux droites. *Les Sciences de l'Éducation*, vol. 1, n°3, pp. 119-135.
- MARTINAND J.-L. (1992). Présentation. In Équipe INRP/LIREST, *Enseignement et apprentissage de la modélisation*. Paris, INRP.
- MARTINAND J.-L. (1994). Quels enseignements peut-on tirer des travaux dans la perspective du développement de curriculum ? Notes pour la recherche. In Équipe INRP/LIREST, *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris, INRP-LIREST, pp. 115-125.



## ANNEXE : FICHES DE TRAVAIL POUR LES ÉLÈVES

### Groupe 1 : caractéristique de couple d'un moteur asynchrone MAS alimenté par des tensions de fréquences fixes (50 Hz)

La partie I est commune aux deux groupes.

#### *I - Étude de la caractéristique complète $T_u = f(n)$*

Déterminer sur la caractéristique donnée par le logiciel pour  $V = 220\text{ V}$  les points correspondant au démarrage, au fonctionnement à vide, au couple maximal, à la zone de fonctionnement stable, à la zone de fonctionnement instable.

Porter sur chaque courbe le point correspondant au couple nominal ; quelle est l'allure de la partie de la caractéristique comprise entre le fonctionnement nominal et le fonctionnement à vide ?

Pour une même fréquence de rotation, comparer approximativement les valeurs des couples obtenus avec une tension  $V = 220\text{ V}$  et  $V = 127\text{ V}$ . Même question pour  $254\text{ V}$  et  $127\text{ V}$  ; pour  $180\text{ V}$  et  $127\text{ V}$ . Conclure.

#### *II - MAS alimenté par des tensions de fréquence fixe (50 Hz)*

##### 1 - Préparation

- Déterminer le couplage des enroulements sachant que l'on dispose d'un réseau 220/380 V.
- Faire un schéma du montage sachant que l'on utilise un alternostat triphasé pour alimenter le MAS, un frein magnétique à poudre [...], une dynamo tachymétrique [...], un module de mesures électriques [...], un module de mesures mécaniques [...]
- Repérer les appareils de mesure :  $T$ ,  $n$ ,  $I$ ,  $V$ .
- Câbler le circuit, brancher les appareils de mesure et faire vérifier.

##### 2 - Études de $T_u = f(n)$ et $T_u = f(g)$ pour une tension d'alimentation à $V$ fixée.

- Mesures : alimenter le moteur en fixant  $V = 220\text{ V}$  et donner au couple résistant les valeurs  $T = 0,4\text{ Nm}$  puis  $0,8$  ;  $1,2$  ;  $1,6$  ;  $2$  (couple nominal) ; mesurer la fréquence de rotation  $n$ . Recommencer les mesures pour des tensions d'alimentation de  $254\text{ V}$ ,  $180\text{ V}$  et  $127\text{ V}$  (tableau de mesures).
- Interprétation : tracer entre  $1350\text{ tr/min}$  et  $1500\text{ tr/min}$  la caractéristique  $T_u = f(n)$  pour chaque tension d'alimentation. Pour  $V = 220\text{ V}$ , calculer le glissement  $g$  correspondant à chaque mesure et tracer  $T_u = f(g)$ .

3) Étude du couple en fonction de la tension d'alimentation  $V$  pour une fréquence de rotation  $n$  fixée.

a) Mesures : alimenter le moteur sous 220 V et régler le couple résistant pour obtenir une fréquence de rotation  $n = 1460$  tr/min. Recommencer les mesures pour des tensions d'alimentation de 254 V, 180 V et 127 V (tableau de mesures).

b) Interprétation : tracer le graphe  $T_u = f(V^2)$  pour la fréquence de rotation  $n = 1460$  tr/min. Conclure.

## Groupe 2 : caractéristique de couple d'un moteur asynchrone, MAS alimenté par un onduleur à $U/f = Cte$ .

[I – Comme ci-dessus].

*II – MAS alimenté par un onduleur à  $U/f = Cte$*

1 – Préparation

a) Déterminer le couplage des enroulements du stator si l'on dispose d'un réseau 220 V.

b) Faire un schéma du montage sachant que l'on utilise un onduleur triphasé, un frein à courants de Foucault alimenté en continu par une source réglable de 0 à 30 V pouvant débiter 1,5 A (prévoir un ampèremètre de contrôle). Un bras de levier portant une masse  $m = 0,5$  kg est fixé sur ce frein pour mesurer le couple résistant. La mesure du couple se fait en déplaçant la masse  $m$  le long du bras de levier : on a alors  $T_r = m.g.d$ ,  $d$  étant la distance du poids à l'axe. Une dynamo tachymétrique donnant  $0,02$  V/tr.min<sup>-1</sup> ; prévoir un voltmètre.

c) Câbler le circuit, brancher les appareils de mesure et faire vérifier.

2 – Mesures

a) Déplacer le contrepoids pour que le bras de levier soit horizontal en l'absence de  $m$ .

b) Alimenter le moteur avec l'onduleur délivrant des tensions triphasées de fréquence  $f = 50$  Hz. Régler  $d = 0,14$  m ; calculer la valeur du couple (on prendra  $g = 10$  m.s<sup>-2</sup>) et mesurer la fréquence de rotation  $n$  du groupe. Modifier le couple résistant et effectuer de nouvelles mesures en donnant à  $d$  les valeurs 0,20 m 0,26 m 0,32 m 0,38 m et 0,44 m.

c) Recommencer pour des fréquences  $f = 40$  Hz puis 30 Hz.


3 – Interprétation

Calculer la fréquence de synchronisme  $n_s$  correspondant à chaque fréquence  $f$  du courant.

Tracer les graphes  $T_u = f(n)$  pour chaque fréquence  $f$ .

4 – Tracé des caractéristiques en utilisant l'ordinateur

Donner au couple résistant les valeurs 0,4 Nm puis 0,8 ; 1,2 ; 1,6 et 2 Nm pour des fréquences successives de 50, 45, 40, 35 et 30 Hz (chaque point est mémorisé avec la touche F1 ; on trace une nouvelle caractéristique avec la touche F4).



# Enseigner et apprendre les sciences : représentations sociales de futurs enseignants et enseignantes

**Françoise RUEL**

Faculté d'éducation  
Université de Sherbrooke  
Sherbrooke (Québec) J1K 2R1, Canada.

**Jacques DÉSAUTELS, Marie LAROCHELLE**

Faculté d'éducation  
Université Laval  
Québec (Québec) G1K7P4, Canada.  
et  
CIRADE (UQAM), Canada.

*Et puis comment est-ce qu'on apprend finalement ? Il y a le professeur, la personne-ressource qui te donne un certain nombre d'enseignements, qui te transmet un certain nombre de données [...]. Comment est-ce qu'on peut assimiler une matière ? Par la vue, par les oreilles, par ses différents sens, ça, c'est une porte d'entrée. [...] On essaie de faire passer le message avec le maximum de sens [visuel, auditif, tactile, etc.]. Il y a toujours la motivation de l'élève mais, à mon avis, on augmente les chances de faire passer le message.*

Un apprenti-enseignant de sciences  
(Ruel, 1994, p. 275)

## **Résumé**

*Au cours de cette recherche, nous nous sommes intéressés à repérer le «savoir théorique» de dix apprentis-enseignants sur le monde et la pratique de l'enseignement et l'apprentissage des sciences. À cette fin, nous avons fait usage du concept de représentation sociale comme instrument conceptuel pour approcher les conceptions de l'enseignement et de l'apprentissage en cause, et tenter d'y cerner l'intrication entre le cognitif et le social de même que la réciprocité entre les savoirs théorique et pratique qu'elles sont susceptibles de receler. Basée sur une méthodologie qualitative et, plus particulièrement, sur l'analyse des discours recueillis lors d'entretiens individuels, cette recherche permet de mettre en évidence l'ancrage socioculturel des propos exprimés par ces futurs enseignants et enseignantes de sciences.*

**Mots clés** : représentations sociales, enseignement et apprentissage des sciences, futurs enseignants et enseignantes.

## **Abstract**

*In this research we examine the theoretical framework with which ten student teachers conceptualise what they mean by learning and teaching science. In order to do so, we make use of the concept of social representation as a conceptual instrument to explore the almost inextricably linked cognitive and social aspects of their conceptions, as well as the relations they establish between theory and practice. Using a qualitative methodology, and in particular analysis of discourses obtained through individual interviews, this research shows the sociocultural anchoring of the views expressed by future science teachers.*

**Key words** : social representation, science teaching and learning, preservice teachers.

## **Resumen**

*En esta investigación nos hemos interesado en detectar el saber teórico de diez estudiantes para profesor sobre el mundo y la práctica de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Para este fin, se utilizó el concepto de representación social como instrumento conceptual para explorar las concepciones de la enseñanza y del aprendizaje en causa, así como también las relaciones que ellos establecen entre el saber teórico y práctico. Basado en una metodología cualitativa y particularmente, sobre el análisis de los discursos recogidos durante entrevistas individuales, esta investigación permite de poner en evidencia el anclaje sociocultural de los propósitos expresados por los futuros enseñantes y enseñantes de ciencias.*

**Palabras claves** : representaciones sociales, enseñanza y aprendizaje de las ciencias, futuros enseñantes.

## 1. INTRODUCTION

À l'instar des élèves qui n'ont pas attendu leurs premiers cours de sciences pour se forger une idée des notions de chaleur, de lumière ou de reproduction, les étudiants et étudiantes qui font leurs premiers pas dans le domaine de la formation à l'enseignement des sciences se sont déjà fabriqué une représentation de ce que signifient enseigner et apprendre les sciences. C'est du moins ce que suggèrent de multiples recherches (Zeichner & Gore, 1990), et c'est aussi ce que portent à penser les propos de l'apprenti-enseignant cités en épigraphe, propos dont la teneur témoigne d'une certaine manière que la socialisation de leur auteur à la profession en cause est bel et bien amorcée. Déjà, enseigner consiste à transmettre de l'information à un agrégat d'individus en usant pour ce faire des meilleurs artifices langagiers et visuels. Apprendre suppose bien sûr une certaine motivation mais surtout un appareil sensoriel capable de capter, comme dirait Glaserfeld (1994), les «*petits paquets emballés*» d'idées, de significations et de structures conceptuelles que véhiculerait le message de l'enseignant ou de l'enseignante.

Si l'on se fie aux travaux et recherches effectués auprès de futurs enseignants et enseignantes de sciences, cette représentation du rapport entre enseignant et enseignés ainsi que sa facture résolument empirico-réaliste ne constitue pas un cas particulier (Russell et al., 1988 ; Guilbert, 1992 ; Haggerty, 1992). Or, comme le soutenait il y a déjà plusieurs années Lortie (1975), cette représentation initiale, cette «*culture latente*» est loin d'être négligeable, ce que corroborent aussi les travaux effectués auprès des enseignants et enseignantes de métier (Gallagher, 1991 ; Tobin et al., 1994). Ainsi, il semble bien que l'effet cumulatif des expériences antérieures des futurs enseignants et enseignantes en tant qu'apprenants plongés dans un certain mode d'enseignement, dans un certain habitus qui en outre leur a réussi si l'on peut dire (n'ont-ils pas tous en poche un papier certifiant leur réussite scolaire en sciences), les amène le plus souvent à reconduire, dans leur formation tout comme dans leurs pratiques professionnelles ultérieures, le pattern d'apprentissage et d'enseignement qui leur est familier. En d'autres termes, c'est à partir de leur propre histoire sociocognitive que les futurs enseignants et enseignantes envisagent leurs pratiques, d'où, nous semble-t-il, découle l'importance de documenter cette histoire et, plus précisément, les représentations à l'égard de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences qu'elle est susceptible de receler. Cette connaissance nous semble incontournable, pour reprendre un terme en vogue, si l'on veut composer avec ce que savent et ce que pensent les futurs enseignants et enseignantes, les aider à problématiser de manière réflexive et critique leurs représentations initiales et, le cas échéant, briser le cercle vicieux qui, du primaire à l'université et de celle-ci à celui-là, assure la

reproduction de l'idéologie scolaire traditionnelle des sciences, comme le souligne Ryan (1982) :

*«La formation à l'enseignement des sciences semble s'inscrire dans un cercle vicieux : le jeune qui s'oriente vers un tel enseignement a probablement eu du succès dans son apprentissage de la science scolaire, c'est-à-dire du succès dans la maîtrise d'un corpus statique de faits et d'idées. Par la suite, cet étudiant fréquente une institution d'enseignement supérieur dont la structure corporatiste assure qu'il recevra une dose massive de savoirs factuels, puis quitte ce programme d'apprentissage des sciences sans avoir eu l'occasion de saisir comment les sciences se fabriquent. Cet étudiant en vient ainsi vraisemblablement à croire que l'aspect important des sciences réside en l'accumulation de faits, et ce, même si un ou deux cours portant spécifiquement sur l'éducation à la science visent à atténuer cette croyance. L'étudiant devient enseignant et, à son tour, enseigne les sciences comme elles lui ont été enseignées. Ainsi, le cycle se perpétue.»* (pp. 14-15)

La recherche que nous relatons dans les pages qui suivent s'est justement intéressée à cette problématique des représentations initiales de futurs enseignants et enseignantes de sciences. Plus précisément, cette recherche, qui a donné lieu à une thèse de doctorat (Ruel, 1994), a scruté les représentations sociales discursives de dix futurs enseignants et enseignantes de sciences à l'égard de l'enseignement et de l'apprentissage de celles-ci, au début, au milieu et à la fin de leur formation. Dans une première section, nous situons l'un des concepts clés de cette recherche, celui des représentations sociales, au regard de l'un des concepts également clés de la didactique des sciences depuis les années soixante-dix, celui des conceptions spontanées. Par la suite, nous précisons les principaux éléments du contexte méthodologique de l'étude, puis nous présentons les positions typiques des apprentis-enseignants à l'égard de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences.

## **2. DES CONCEPTIONS SPONTANÉES AUX REPRÉSENTATIONS SOCIALES**

Dans le champ de la recherche en didactique des sciences, les conceptions spontanées, entendues comme les idées et croyances développées avant l'enseignement ou en marge de celui-ci, marquent indubitablement l'avènement de la prise en compte du savoir de l'apprenant ou de l'apprenante dans le processus d'apprentissage (Gilbert et al., 1982) de même que la nécessité pour l'enseignement de compter avec elles

(Pope & Gilbert, 1983 ; Driver, 1989). On se rend compte de plus en plus, avec l'intensification de ces recherches, que le savoir scientifique ne «passe» pas ou «passe» mal, et que son caractère relationnel et opératoire subit, au contact des conceptions spontanées, des mutations inédites : le concept de particule devient l'équivalent d'une petite bille (Benyamna et al., 1993), celui de microbe se transforme en «*petites bibittes* [bestioles] *qui font mal à l'organisme*» (René & Guilbert, 1994) et le concept de courant prend l'allure d'un commis voyageur plus ou moins épuisé lors du retour à la pile par ses «*livraisons d'énergie*» successives (Closset & Viennot, 1984 ; Johsua, 1989).

Si, à la suite de Lakoff et Johnson (1985), on peut voir là un condensé des métaphores de la vie quotidienne à l'aide desquelles nous structurons nos expériences, on peut aussi y voir le jeu des représentations qui sont partie prenante de la socialisation implicite et explicite des membres d'un groupe social (Berger & Luckmann, 1986) et qui fixent en quelque sorte le code cognitif de ce qui est rationnel, autrement dit le contenu des croyances *admissibles* et *raisonnables* (Wagner, 1995). Dans un ouvrage écrit en collaboration avec l'historien des sciences Rolando Garcia et paru à titre posthume (Piaget & Garcia, 1983), Piaget cite à cet égard un exemple très éclairant. Chez les Grecs de l'Antiquité, rappelle-t-il, la conception du monde était statique et l'«*état naturel*» des objets du monde physique était le repos (l'exception à cette règle étant le cas des astres mus par des forces divines). Par conséquent, ce qui pouvait éventuellement constituer un problème de recherche dans cette vision, ce qui nécessitait une explication n'était pas le repos mais le mouvement qu'on envisageait alors comme le résultat d'une force s'exerçant sur un objet. Pour les Chinois de la même époque, il en allait tout autrement : le monde étant en constant devenir, le mouvement constituait l'état naturel des choses et, par conséquent, il n'avait pas besoin d'être expliqué. En revanche, ce qui les intriguait et leur posait un problème, c'était le repos... qu'ils concevaient comme un état résultant de l'application d'une force !

Transposées à la problématique des conceptions spontanées, ces considérations sur la socialité de la cognition invitent à une mise en contexte de celles-ci. En effet, si la trame des recherches sur les conceptions spontanées s'est initialement tissée en privilégiant une approche psychologique des conceptions, mettant en évidence la nature personnelle de ces constructions et redonnant, du coup, aux partenaires de la situation éducative un statut de sujet *cognitif*, il semble que cela ne suffise pas. En fait, et de plus en plus de travaux pointent dans cette direction (Bauersfeld, 1994 ; Tobin & McRobbie, 1996), il semble qu'il nous faut en quelque sorte passer du sujet *cognitif* au sujet *situé*, c'est-à-dire un sujet qui, dans ce qu'il dit et dans ce qu'il fait, n'est pas extérieur au monde et au temps, selon l'heureuse formulation de Mathy et Fourez (1991). Dans cette veine, le



concept de représentations sociales développé dans le champ de la psychologie sociale nous paraît prometteur, en ce qu'il intègre la nécessité de tenir compte du contexte social qui participe à l'émergence ou à la construction des conceptions, donc à l'itinéraire de leur formation (Doise, 1989). Il permet, comme le souligne Jodelet (1989, p. 58) de «*penser le cognitif comme quelque chose de social*» et d'attirer ainsi l'attention sur le fait qu'une conception spontanée, toute personnelle qu'elle soit, n'est pas pour autant a-sociale même si elle demeure une construction psychologique individuelle. Elle procède ainsi de systèmes d'interprétation plus vastes qui régissent la relation au monde et aux autres et orientent les conduites et les communications sociales (Jodelet, 1989).

En ce sens, et c'est là pensons-nous un aspect particulièrement intéressant pour qui se préoccupe notamment de la formation d'enseignants et d'enseignantes, ces représentations ne sont donc pas qu'un savoir théorique sur le monde et autrui. Comme le montrent nombre d'études dans le domaine des représentations sociales (Abric, 1994 ; Morin et al., 1996) et de l'appréhension publique des sciences (Wynne, 1994), elles sont aussi un savoir pratique. Leur pertinence en tant que savoir s'instaure au travers de l'expérience du sujet sur le monde et autrui, et ce, conjointement avec les modélisations conceptuelles qu'en a fait le sujet et les succès qu'elles remportent dans son expérience quotidienne. En d'autres termes, les représentations sociales sont à la fois des instances de schématisation des expériences vécues par les sujets et des instances de légitimation de leur conduite dans le monde ainsi objectivé, c'est-à-dire ce monde socialement constitué «*sans que le souvenir de cet effort et le caractère collectif du résultat soient obligatoirement rappelés*» (Moscovici, 1961, p. 317).

Bref, les représentations sociales véhiculent des savoirs, des potentiels d'action et des valeurs relativement aux objets du monde qu'elles modélisent, construisent, délimitent et finalement définissent, tels la science, l'enseignement, l'apprentissage, etc. Dans cette optique, les représentations sociales sont des prises de position qui ne se réduisent pas à un simple consensus rationnel chez les acteurs mais, au contraire, marquent un engagement à la fois éthique et épistémologique de ceux-ci lors de leur passage à l'action, quelle que soit leur sphère d'activité. Elles engagent donc leurs détenteurs et détentrices dans des pratiques diversifiées, dont les pratiques pédagogiques, assujetties à des théorisations particulières susceptibles d'en fournir une légitimation, tout en maintenant un état de viabilité cognitive du côté du sujet situé, c'est-à-dire de l'acteur social qui soutient ces représentations.

Dès lors, appréhender les conceptions des futurs enseignants et enseignantes concernant l'apprentissage et l'enseignement des sciences dans l'optique des représentations sociales nous paraît primordial,

notamment parce que c'est par leur entremise que s'élabore entre autres le rapport au savoir des apprenants et apprenantes à l'école. Par exemple, on peut penser que si les enseignants et enseignantes entretiennent eux-mêmes un rapport d'extériorité au savoir, faisant de celui-ci un savoir ontologique plutôt que contextuel, ils auront de fortes chances de véhiculer ce même rapport au cours de leurs interventions pédagogiques en enseignement des sciences, dans la mesure où leurs conceptions pourront s'incarner sans trop de contraintes sous la forme de pratiques pédagogiques relativement cohérentes avec ces conceptions. Les études de cas de Geddis (1988), de Lemke (1990) et de Hashweh (1996) sont instructives en ce sens. De la même façon, si les enseignants et enseignantes ont modélisé les relations entre le savoir, son apprentissage et son enseignement selon une métaphore ou une image de la transmission du savoir comme contenu non problématique et transférable d'une tête savante à une tête apprenante par le canal de l'enseignement, conçu alors comme l'optimisation des artifices langagiers et visuels propres à une telle transmission, on peut se demander comment une perspective constructiviste de l'éducation aux sciences, qui s'appuie sur une tout autre métaphore, pourrait trouver écho ou prendre racine dans une vision du monde, dans une écologie conceptuelle de ce genre. C'est donc pour ces raisons que nous avons tenté dans cette étude de faire usage du concept de représentation sociale comme instrument conceptuel pour approcher les conceptions de l'enseignement et de l'apprentissage des futurs enseignants et enseignantes, et prendre en compte l'intrication entre le cognitif et le social dans l'examen de leurs propos, de même que la réciprocité entre les savoirs théorique et pratique qu'ils expriment.

### 3. QUELQUES ÉLÉMENTS MÉTHODOLOGIQUES

Il nous faut préciser d'entrée de jeu que cette étude s'arrime à une recherche plus vaste au cours de laquelle 26 futurs enseignants et enseignantes de sciences ont été invités à «*s'intéresser autrement à ce qu'ils savent déjà*», selon le mot de Stengers (1992), à propos des sciences et de leur production, et ce, dans le cadre d'une stratégie de formation résolument constructiviste (Désautels et al., 1993, 1994). Nous avons profité de ce contexte privilégié pour réaliser la présente étude exploratoire. Les futurs enseignants et enseignantes ont été invités à répondre, sur une base volontaire, soit à des questions portant sur leurs conceptions de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences, soit à des questions relatives à leur conception de l'histoire des sciences (Gagné, 1994). Dans le premier cas, treize d'entre eux ont été initialement engagés dans le processus de recherche ; puis trois ont été retirés : une pour cause de départ

du programme de formation et deux en raison de leurs antécédents de formation différant substantiellement des autres interviewés, ce qui a contribué à l'uniformisation du corpus d'analyse. Nous avons donc repéré les représentations initiales de dix de ces apprentis-enseignants à l'égard de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences. Puis nous avons suivi à la trace le jeu de ces représentations initiales et, en quelque sorte, la négociation de sens à laquelle pouvait donner lieu leur confrontation avec des représentations généralement de tout autre allégeance, à savoir celles issues du modèle constructiviste de la cognition (Larochelle & Bednarz, 1994 ; Glasersfeld, 1995). Notons, par ailleurs, qu'on retrouve à l'intérieur de cet échantillon une variété de discours qui conduit à la saturation des significations relatives aux thèmes traités. Le présent article porte sur une partie de l'étude, soit celle des représentations initiales.

À cette fin, nous avons opté pour un instrument méthodologique suffisamment flexible et ouvert pour se prêter à une telle exploration, soit l'entretien non-directif de recherche (Blanchet et al., 1985). Ce choix pour un instrument à finalités hétérogènes plutôt qu'homogènes (tels les tests papier-crayon) tient entre autres choses à la nature même de notre objet de recherche et des finalités que celle-ci poursuit. En effet, en nous inscrivant dans la perspective de type ethnographique des représentations sociales, ce n'est pas tant la relation entre les objets déclencheurs du contexte d'interlocution et le degré d'adhésion du locuteur à leur contenu qui nous préoccupe, mais plutôt l'«*espace d'existence*» (Vignaux, 1988) que celui-ci leur impute, la prise en charge discursive qu'il en fait, étant entendu que cette prise en charge peut emprunter délibérément d'autres avenues d'expression que celles initialement proposées. Bref, par le truchement de ce type d'outil, le locuteur participe à la détermination du contexte discursif, ce qui est particulièrement pertinent pour notre propos de reconstruire le «*savoir théorique*» d'apprentis-enseignants sur le monde et sur la pratique de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences.

Trois entretiens non-directifs individuels ont été menés dans cette perspective : le premier et le second au début et au terme de la stratégie de formation précitée, et le troisième à la toute fin du programme de formation des apprentis-enseignants, à la veille donc de leur entrée possible sur le marché du travail. La première entrevue (voir le protocole en annexe) a invité les sujets à s'expliquer sur la nature de l'apprentissage et de l'enseignement suivant leur point de vue, et sur la manière dont ils envisageaient de procéder sur le plan pédagogique pour satisfaire à ces conceptions. Ce protocole les a également conviés à exposer leurs attentes vis-à-vis de la formation pédagogique qu'ils s'apprêtaient à entreprendre (ce qui offrait une autre occasion de jeter implicitement un coup d'œil sur leur idée d'enseignement). Tout en revenant sur ces thèmes, les entrevues suivantes se sont intéressées surtout à la dynamique des représentations dans la foulée de la stratégie

constructiviste susmentionnée et, plus généralement, suite à l'ensemble de la formation reçue par les sujets. Les matériaux que nous présentons dans la section qui suit proviennent en règle générale mais non exclusivement de la première entrevue. En effet, dans les entrevues suivantes, les sujets ont souvent situé leurs discours en s'appuyant sur leurs dires initiaux pour signifier le maintien de ceux-ci ou encore pour préciser les dimensions qui ne leur convenaient plus. Nous faisons donc également usage d'extraits d'entrevues qui permettent d'éclairer leurs façons d'envisager l'enseignement et l'apprentissage des sciences (certains extraits ont déjà été présentés dans Larochelle et al., 1995). Le premier chiffre du code qui suit l'extrait renvoie à l'entrevue en cause, la lettre au genre et le dernier chiffre à l'identité du sujet.

Signalons que, pour mettre en forme les matériaux ainsi recueillis, nous nous sommes inspirés du modèle d'analyse du discours de Vignaux qui, à notre avis, est congruent avec notre compréhension du concept de représentations sociales en tant que construction et prise de position. En effet, selon ce modèle, «*énoncer comme discourir signifie [...] construire des "objets" et le faire au moyen de "jugements" qui vont stabiliser la représentation qu'on veut donner de ces objets*» (1988, p. 180). En cela, les opérations discursives englobent les opérations langagières et cognitives. Ces opérations sont des sélections, des caractérisations, des déterminations et des jugements. Par sélection, tout discours choisit ses objets principaux, ce que d'aucuns appellent ses «*thèmes*». Les caractérisations sont tous les types de qualifications attribuées aux objets sélectionnés. L'enchaînement des propriétés prédiquées dans un discours permet de justifier la thématization des objets et l'angle d'appréhension de ces objets. Les déterminations vont composer les objets, c'est-à-dire justifier les sélections d'objets ou de «*thèmes*» faites par le sujet énonciateur, en expliquant la «*genèse*» de leur choix dans le raisonnement discursif et, d'autre part, en construisant les caractéristiques pour les différencier et les identifier par la suite par rapport à d'autres représentations possibles. Enfin, des jugements interviennent tant à l'origine qu'au terme des parcours discursifs du locuteur et concourent à renforcer, voire à stabiliser, l'existence des objets qu'abritent les représentations du sujet énonciateur. Dans un premier temps, nous avons ainsi repéré, dans chaque entrevue, les objets autour desquels s'articule le discours des apprentis-enseignants : **de quoi** parlent-ils ? Dans les termes de Vignaux, cette opération réfère aux opérations discursives de sélection et de caractérisation qui permettent d'identifier ou de localiser l'objet et de le prédiquer ou de le caractériser. Par ailleurs, nous avons également tenté de montrer **comment** les apprentis-enseignants parlent des objets qui entrent dans leur discours. Il s'est agi alors, selon les termes de Vignaux, de mettre en évidence les déterminations, c'est-à-dire les processus par lesquels ces objets se voient conférer «*l'existence*» et, par ailleurs, de faire

état des jugements des locuteurs sur les objets construits par le discours et qui permettent de juger de la prise en charge par le sujet énonciateur des objets du discours. C'est l'ensemble de ces opérations, en relation les unes avec les autres, qui nous a permis de construire les représentations de l'enseignement et de l'apprentissage des apprentis-enseignants, de cerner les champs de signification qu'ils attribuent à ces objets de discours, et de délimiter la «prise en charge» qu'ils en font au travers des jugements qu'ils portent sur ces objets. Ainsi, dans la citation en épigraphe, le sujet énonciateur sélectionne des termes pour parler d'apprentissage : professeur, personne-ressource, matière, sens, motivation, élève, message. Il les caractérise : «*donne un certain nombre d'enseignements*», «*transmet un certain nombre de données*», «*assimiler*» une matière, «*faire passer*» un message, «*porte d'entrée*» (les sens), etc. L'enchaînement des propriétés prédiquées justifie la thématization du locuteur, détermine le parcours discursif qu'il emprunte : le savoir (la matière) s'objective et se transmet par le professeur ; l'élève le reçoit par ses sens ; la motivation de l'élève est requise mais paraît secondaire ; les sens sont premiers dans la transmission du message. La prise en charge du locuteur se traduit par les jugements qu'il porte : «*à mon avis*», dit-il, [en utilisant les sens au maximum en enseignement] «*on augmente les chances de faire passer le message*», ce qui constitue une priorité pour ce futur enseignant dans sa conception de l'enseignement et de l'apprentissage.

#### **4. QU'EST-CE QU'ENSEIGNER ET APPRENDRE LES SCIENCES ?**

De manière générale, les propos que soutiennent les apprentis-enseignants au début de leur formation illustrent bel et bien qu'ils ont déjà un point de vue sur ce qui constitue un bon enseignement et un bon apprentissage des sciences. Puisant dans leurs propres expériences d'apprenant, ils se sont ainsi construit des représentations sur les tenants et aboutissants de ces pratiques, suivant un modèle de communication particulièrement répandu dans notre société et qu'encapsule la métaphore du conduit que propose Reddy (1984).

##### **4.1. La métaphore du conduit**

Ce modèle, qui procède d'une posture épistémologique de type réaliste concernant la portée cognitive du savoir scientifique, comporte un émetteur (la source des connaissances), un canal de transmission et un récepteur (l'élève ou un agrégat d'élèves). Les connaissances, contenues soit dans

des documents soit dans la tête de l'enseignant ou l'enseignante, doivent être organisées dans un discours sous la forme de messages, ce qui apparemment ne pose guère de difficultés puisque, selon ce modèle, le langage est essentiellement dénotatif. Puisque les mots ont ainsi un sens littéral, il est dès lors théoriquement possible de fabriquer des messages qui ne comportent pas d'ambiguïté : la signification est contenue dans le message. Dans la foulée de ce modèle, l'art d'enseigner réside alors (en partie) dans l'habileté à fabriquer et à transmettre par le biais du conduit (la parole, le texte, etc.) des messages, et l'art d'apprendre dans l'habileté du récepteur (l'élève) à extraire la signification du message par le biais de son appareil sensoriel. Autrement dit, l'hypothèse qui sous-tend ce modèle est que la connaissance est contenue dans une tête, qu'elle peut voyager par le biais d'un discours (verbal, écrit, visuel...) et se retrouver ainsi plus ou moins intacte dans une autre tête. Se former à l'enseignement consiste dès lors à développer son habileté à fabriquer, puis à communiquer des messages... clairs et nets, comme plusieurs sujets le soulignent. Mais ce n'est pas tout ! Pour que «la mise en marché» s'accomplisse, l'enseignante ou l'enseignant, bon communicateur, doit se doubler d'un comédien afin de capter l'attention des élèves, leur faire aimer sa matière, susciter leur intérêt, en somme, pour reprendre une expression populaire dans le monde du sport, il doit être un «motivateur».

Les discours de l'ensemble des sujets présentent un air de famille certain avec ce modèle, à tout le moins sous l'angle épistémologique. Le discours du sujet 10 est à cet égard exemplaire, en plus d'illustrer d'une certaine façon la cristallisation de l'objet de la représentation. En effet, tout semble se passer comme si le jugement que ce discours comporte sur la capacité mnémonique différentielle des récepteurs, en l'occurrence les élèves, contribuait à stabiliser en quelque sorte le modèle enseignement-apprentissage objet de la représentation, dans la mesure où ce n'est pas la pertinence du modèle qui est mise en cause lors d'apprentissages plus ou moins réussis, seule la capacité des élèves à mémoriser peut l'être : *«Le professeur donne la matière et l'élève la reçoit. Tout ce qu'il a à faire, c'est de mémoriser. Et souvent, ce qui va faire qu'un élève va être meilleur ou moins bon que l'autre, cela va être sa capacité de mémoriser des choses. Souvent, en tout cas, moi, je percevais ça comme ça l'enseignement.»* (2-F-10)

La réification du savoir **sous la forme de quelque chose**, la matière scolaire comme tout un chacun dans notre société nomme les disciplines enseignées, qui peut être transmise et reproduite fidèlement par l'élève est également manifeste dans le discours qui suit. Par ailleurs, comme l'illustre également la fin du propos, cette façon de concevoir l'enseignement et l'apprentissage ne serait pas étrangère à l'itinéraire sociocognitif de son

auteure et, plus particulièrement, à sa socialisation tacite, en tant qu'apprenante, à la pratique pédagogique qui domine en milieu scolaire et universitaire : *«Bien moi, j'avais dans mon idée [...] C'est-à-dire [du] genre le professeur est en avant et il parle et les étudiants gobent tout ce qu'il dit. Et ils essaient de retenir pour recracher ça à l'examen. Cela, c'était comme ça que j'ai été enseignée, moi, et [c'est ce] que j'ai gardé dans mon idée. C'était comme ça. Parce que tout le temps, même à l'université, c'était ça.»* (2-F-13)

Les propos du sujet 12 témoignent aussi de l'ancrage de la conception de leur auteure dans son expérience scolaire. Toutefois, ils laissent apparaître que cette expérience n'est pas qu'une question cognitive au sens classique du terme, mais recouvre aussi l'apprentissage de rapports sociaux, notamment de soumission. En effet, il semble que l'élève qu'elle était devait se soumettre à l'autorité de l'enseignant qui sanctionnait le produit de ses activités scolaires : *«L'idée que j'avais avant ma formation, c'était le genre d'étudiante que j'avais été, le genre de prof que j'avais [eu], l'étudiant assis qui écoute, qui fait des exercices de temps en temps, qui les fait corriger, puis bon, c'est mal, on recommence.»* (3-F-12) Les discours des autres sujets sont en général des variations sur le thème de la transmission du savoir, mais suivant différents angles d'entrée. Par exemple, le sujet 3 privilégie un angle résolument technique : notes à compléter et moyens audiovisuels.

*«Oui, j'ai une bonne idée. [...] C'est surtout des notes de cours. [...] C'est un principe que j'aime bien : avoir des notes en sa possession. [...] C'est mon professeur de Cégep [ordre d'enseignement situé entre le secondaire et l'université] qui m'est arrivé avec ce principe-là ; puis cette méthode, c'est d'avoir des notes de cours mais incomplètes. Moi, je trouve que j'ai appris de façon beaucoup plus rapide de cette façon-là. J'apprenais, j'étais capable d'assimiler un bon pourcentage de la matière seulement qu'à assister au cours. [...] Pour moi, c'est un modèle, je m'y fie [bien] gros. [...] Je trouve que c'est une bonne base, un bon point de départ. [...] Comme je le disais aussi, il [l'enseignant modèle] utilisait beaucoup de moyens audiovisuels, autant des diapositives, des magnétophones, des acétates, tout ce qui nous permettait de ne pas être là en train d'écrire.»* (1-G-3)

Dans cette dimension que l'on peut qualifier d'épistémologique du modèle pédagogique des apprentis-enseignants, l'accent est généralement mis sur la possibilité de la communication du savoir scientifique de l'émetteur au récepteur, cette possibilité étant tributaire, on l'aura compris, d'une réification du savoir qui, dès lors, est exhibé comme une entité objective, extérieure à l'apprenant lui-même et transmissible par l'émetteur qui le détient, en l'occurrence le professeur ou le document. Mais qu'en est-il de

la réception, de la reproduction chez le récepteur de l'entité transmise ? Les sujets n'ont pas été dans l'ensemble très bavards à ce propos, comme si ce n'était pas là un aspect potentiellement problématique, ce que soutient aussi l'interprétation courante sur le sujet : apprendre, c'est enregistrer des informations. C'est d'ailleurs dans l'esprit de cette interprétation que ceux et celles qui ont abordé cette épineuse question l'ont fait, en mettant de l'avant toutefois le rôle de l'appareil sensoriel dans ce processus, comme l'illustre bien le point de vue présenté en épigraphe.

## 4.2. Le langage et sa relation au savoir

Dans la même veine, et en conformité avec la croyance en la transparence du langage que promeut la métaphore du conduit, le langage n'est pas non plus problématisé. Il est d'abord considéré comme un outil de communication ou de transmission, un canal par lequel passe le savoir. L'idée de langage, et notamment de langage scientifique, ne comporte pas, dans les représentations discursives des apprentis enseignants, de références explicites et appuyées sur la conceptualisation ou la mise en jeu de relations impliquées dans des localisations linguistiques particulières. Il convient surtout de simplifier le langage pour s'assurer de la vulgarisation des concepts de sciences auprès des élèves en apprentissage :

*«Le langage, quoi, c'est un médium. [...] Je ne vois pas plus de problème qu'[il] pourrait y avoir dans l'enseignement des sciences que dans l'enseignement du français ou de la philosophie. Le langage est aussi important dans le sens où c'est ce qui nous permet de communiquer d'un individu à l'autre.» (1-G-8)*

*«J'entends un langage simple, clair, net et précis, mais adapté au niveau de connaissances, puis à l'âge des étudiants[...] C'est d'adapter son langage, d'être capable de se rabaisser au niveau simplification, rendre ça clair, synthétiser une information qui est souvent complexe, [puis] de rendre ça accessible pour des jeunes.» (1-G-9)*

*«Je trouve que ce n'est pas le plus grand défi par exemple. Non je crois que cela se fait bien. C'est ce qu'on appelle vulgariser les sciences. C'est de donner un terme scientifique mais que l'idée va être simple, rattachée à ça [à ce terme]. C'est ça. Je pense qu'avec une définition certaine, une définition que les étudiants vont lire et avec laquelle ils vont être capables de se faire une idée de ce que le mot veut dire. Je ne pense pas que ce soit une tâche des plus difficiles à mon avis.» (1-F-10)*

On ne s'étonnera pas non plus, dans ce même contexte, que le savoir scientifique ne soit pas davantage problématisé. Socialement sanctifié, ce



savoir est objectivé, réifié par les sujets qui, tour à tour, le nomment contenu, données, enseignements, matière. Il relève ainsi sur le plan épistémologique de la simple description de ce qui est donné à voir dans la nature, son appropriation par les apprenants et apprenantes ne semblant pas requérir de rupture épistémologique, comme Bachelard entre autres en soulignait l'importance. Les savoirs scientifiques peuvent se transmettre aisément sans difficultés majeures, si l'enseignante ou l'enseignant est motivé et communique ce feu sacré à ses élèves attentifs et disposés à fournir un certain effort. De plus, ces savoirs peuvent être mis en rapport avec la vie quotidienne, ce qui leur confère une certaine accessibilité :

*«Moi, je dirais que ce serait peut-être plus facile parce que c'est des choses vraiment qui font partie de la nature, qui [font] partie de la vie de tous les jours. [...] Tu peux arriver à intéresser l'étudiant à la science [...]. Tu peux arriver avec des choses concrètes. [...] Les sciences, c'est que je trouve que c'est facile, peut-être parce que je suis dans ce domaine-là. Mais c'est facile d'aller chercher des choses, du concret qui fait partie de notre vie de tous les jours.» (1-F-12)*

### 4.3. Composante épistémologique mais aussi composante affective

Ces différents propos des sujets, que l'on peut associer à la composante épistémologique de leur représentation de ce que signifient enseigner et apprendre les sciences, n'épuisent toutefois pas cette représentation. En effet, cette dernière comporte aussi une dimension affective qui semble tout aussi importante que la dimension classiquement qualifiée de cognitive. Autrement dit, contrairement à de nombreux adeptes d'un certain cognitivisme mécaniste contemporain, les apprentis-enseignants ne dissocient pas cognition et affect pour penser les problèmes pédagogiques et, tout comme certains des futurs enseignants et enseignantes de sciences interrogés par Aguirre et Haggerty (1995), intègrent à leur modèle l'idée d'intérêt ou de motivation associée à celle d'effort, imputant **l'intérêt à susciter** à l'enseignant ou l'enseignante, et **l'effort à fournir** à l'élève. Toutefois, on remarque que, à l'instar de la composante épistémologique, la composante affective semble aussi procéder d'une réification. En effet, comme l'illustrent les propos qui suivent, les apprentis-enseignants semblent appréhender les conduites en termes d'attributs **de** la personne plutôt qu'en référence aux contraintes contextuelles inhérentes à toute situation éducative, ou encore à l'histoire sociocognitive des partenaires de celle-ci ; cette tendance «*au causalisme ou déterminisme personologique*» est, selon Beauvois (1984), typique de la psychologie populaire (*folk psychology*).

«Je pense que pour comprendre quelque chose, [il] faut d'abord, en tout cas, avoir le goût de comprendre. Et puis avec cette bonne volonté-là, avec de la persévérance [...]. Mais je pense que la principale difficulté d'apprentissage, c'est le manque d'intérêt. [...] Puis, c'est d'avoir de la persévérance, de l'attention en classe, ce que je considère essentiel. [...] Quand je parle de temps, c'est plus l'effort général en termes de temps, de quantité de travail, puis en termes de qualité de travail. Donc, je suis convaincu, en tout cas, que pour la majorité des gens, ça va être la recette miracle pour avoir une réussite assurée.» (1-G-9)

«D'abord, ça prend un effort de sa part [l'étudiant]. Le prof, en avant, moi, je pense qu'[il] a trente étudiants, puis [il] faut qu'[il] fasse avancer, [il] faut qu'[il] passe sa matière. Si [tu] en as deux, trois qui traînent la patte, [bien] là [tu] essaies d'y aller peut-être au niveau individuel, comme je disais peut-être sur les heures de dîner ou le soir après l'école. Mais si eux, de leur part, [ils ne] veulent pas, [bien, alors, il n'y] a pas grand chose à faire. [Il ne] faut pas les forcer.» (1-G-4)

#### 4.4. Représentation et savoir pratique sur l'enseignement

Enfin, une autre distinction, analytique bien sûr, illustre que les représentations *bricolées* par les sujets, selon l'expression de Grize (1989), constituent aussi un savoir pratique ou qui oriente leur pratique, que celle-ci soit immédiate ou projetée dans un avenir prévisible. Et si, compte tenu du modèle pédagogique qui anime leur réflexion, la théorisation de cette pratique se résume à **dire**, avec des mots aussi simples que possible – bien qu'on ne puisse éviter complètement le jargon scientifique, comme plusieurs le soulignent – et à **montrer**, c'est-à-dire à utiliser tous les artifices visuels possibles, y compris la réalisation d'expériences pour illustrer la théorie scientifique, elle est aussi une prise de position comportant des engagements à la fois éthiques et épistémologiques. Par exemple, il semble que, pour le sujet 10, il importe de rejoindre l'autre, de le toucher, comme elle dit, pour qu'il puisse donner un sens à son apprentissage, alors que la position du sujet 3 semble davantage animée par une épistémologie sensualiste d'appréhension du réel :

«Mon but premier serait de concrétiser les sciences. Cela serait... on appelle ça une vulgarisation peut-être là. Pour aller toucher mes étudiants vraiment. Ne pas leur donner des notions auxquelles ils ne rattachent rien. Parce que moi, cela ne m'a rien donné dans ma vie d'étudiante.» (1-F-10)

*«Moi, je suis visuel, beaucoup visuel. La science en paroles, c'est bien beau, en livres aussi. Mais [il] faut qu'on ait des concepts, même une réalité, qu'on nous montre quelque chose. Ça, j'ai adoré. J'ai eu des enseignants qui m'ont montré, là, vraiment, tout simplement. J'étais en biologie. Puis s'il y a bien quelque chose qui est important de voir, c'est d'essayer de conceptualiser quelque chose, c'est de le mettre à notre main, de [le] mettre [sous] nos yeux et de faire voir tout simplement. [...] Ça, ça m'a vraiment aidé. [...] Ça, j'aime bien ça de faire voir que la science, ce n'est pas seulement dans les nuages, c'est concret, on peut [la] visualiser [...] Ça, c'est ce que j'ai bien aimé de la façon [dont] m'a été enseignée la science. C'est de la mettre [sous] nos yeux, de la mettre au toucher, qu'on puisse la voir et la regarder, ça, c'est bien.»*  
(1-G-3)

Par ailleurs, les concepts des sciences ne posant pas de difficultés particulières d'apprentissage pour la plupart des apprentis-enseignants interviewés, il suffit pour bien enseigner de prendre la peine de les expliquer correctement (grâce à une élocution claire et appropriée et à partir d'une organisation structurée des concepts) et, bien sûr, de se préoccuper de les illustrer au besoin (dessins, films, expériences, etc.). Dès lors, ces apprentis-enseignants insistent notamment sur la clarté de l'exposé, sur l'usage des définitions à l'aide de mots simples, sur l'acquisition du vocabulaire qui «donne un nom aux choses», accentuant toujours ainsi l'engagement épistémologique qui conduit à réifier le savoir, par-delà la mise en relations ou la construction des relations que traduit un terme, et qui lui confèrent un sens particulier. Cet engagement prend une couleur réaliste particulièrement prononcée chez le sujet 13 pour qui les mots sont ni plus ni moins que des étiquettes désignant les choses du réel usuel :

*«[Il y] a quand même, je dirais, un certain vocabulaire à acquérir, si on veut se comprendre [...]. Une fois que [tu] as acquis ce vocabulaire-là, ça rend la chose beaucoup plus simple. Mais c'est ça, il faut que ça soit dit clairement parce qu'[il y] a des mots qui sont tellement spécifiques, tu [ne] peux pas employer d'autres mots que ça en sciences. Sinon, on [ne] se comprendra jamais. C'est un peu comme dans tous les langages. C'est des mots pour dire des choses, Puis c'est la même chose en sciences. [...] Alors quand [tu] as acquis le vocabulaire, telle chose porte tel nom, puis là, ça rend ça beaucoup plus simple.»*  
(1-F-13)

C'est en s'appuyant sur des représentations similaires que les apprentis-enseignants justifient d'ailleurs l'usage des laboratoires dans l'enseignement des sciences. La dialectique entre théorie scientifique enseignée en salle de cours et séances pratiques de laboratoire semble construite entièrement à partir d'une posture épistémologique selon laquelle il s'agit à l'évidence

d'un rapport allant de l'abstrait au concret, du théorique au visuel, de l'idée à la chose, selon un lien direct et non problématique :

*«C'est d'être capable de garder leur intérêt, puis d'aller les chercher, puis d'expliquer des choses pour leur faciliter la compréhension, de varier le genre d'activités, comme les laboratoires, c'est une variation intéressante [...] pour ce qui est des sciences parce qu'on part d'une approche théorique à une approche pratique ; et puis, comment dire, on double les possibilités pour un jeune qui a des difficultés, [bien], on lui donne donc deux fois plus de chances d'apprendre parce qu'[il] a vu quelque chose en classe de façon théorique, puis là, [il] va le voir de façon pratique en laboratoire.» (1-G-9)*

*«Ah ! Moi, ça aurait une grande place [les laboratoires]. [...] Il me semble que c'est une bonne façon d'acquérir des notions. Quand tu le visualises, que tu peux toucher, il me semble que les sens, c'est important. Quand tu vois quelque chose, il me semble que ça reste marqué, tu sais. Tu[ne] peux pas ignorer ça, il me semble que pour moi, c'est évident. Quand tu le vois, quand tu l'as fait toi-même, ça [ne] peut pas faire autrement que de rester dans ta mémoire.» (1-F-13)*

Enfin, faut-il s'en étonner, sur le plan de la formation à l'enseignement, les apprentis enseignants s'attendent surtout à acquérir des techniques ou des méthodes d'enseignement. Il ne semble pas y avoir de réflexion *a priori* chez ces futurs enseignants et enseignantes sur la nature, les enjeux et les finalités de l'enseignement et de la formation à l'enseignement. Au contraire, à l'instar de nombreux participants et participantes aux États Généraux sur l'Éducation tenus récemment au Québec, ils semblent tenir pour acquis que l'enseignement n'est pas problématique et que, dès lors, il n'y a pas lieu de le problématiser ! En conséquence, il ne reste plus qu'à faire siens les procédés établis, ce dont on charge la formation pédagogique dans son ensemble ou de manière générale :

*«Ça va m'aider plutôt à me fournir d'autres outils. [...] Des outils pour savoir comment réagir quand [il] se passe telle affaire [...], comment utiliser les moyens audiovisuels [...], comment interagir dans une classe [...], comment éviter de répéter certaines erreurs [...], comment faire des examens [...], comment structurer un cours aussi [...], d'autres outils pour rendre ça clair [la matière].» (1-G-4)*

*«De me donner des outils pour que je puisse bien travailler plus tard. [...] Il y a l'audiovisuel, [...] les diapositives, les vidéos, [...] l'ensemble des moyens visuels, du matériel qui peut être mis en ma possession, [...] la possibilité finalement de pouvoir sortir finalement du cadre de la classe pour [faire] d'autres choses à l'extérieur, [...] des techniques d'enseignement, quoi. [...] Apprendre à bien entrer en contact avec les*

*élèves. [...] Je veux que [la formation] m'apprenne à découvrir mon potentiel d'enseignant.» (1-G-8)*

## 5. CONCLUSION

Comme nous l'avons vu dans les pages précédentes, les représentations initiales d'apprentis-enseignants à l'égard de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences présentent une certaine variabilité eu égard à l'angle d'approche de la thématique en cause. Ainsi, certains sujets envisagent cette thématique suivant une rationalisation davantage psychologique de leurs propres expériences d'apprenants et d'apprenantes, alors que d'autres privilégient une appréhension plutôt technique. Toutefois, au-delà de cette diversité que l'on peut associer à l'idiosyncrasie de leurs parcours sociocognitifs, les représentations des sujets semblent néanmoins procéder d'un consensus plus vaste quant au système d'interprétation qui leur donne relief, sens et légitimité. En fait, à bien des égards, elles nous semblent faire écho à ce cadre de pensée commun selon lequel l'univers est formé d'entités discrètes et concrètes dont les propriétés ou attributs sont directement et immédiatement accessibles au regard de tout observateur attentif. En ce sens, comme le suggèrent Moscovici et Vignaux (1994), ces représentations participeraient des «*thémata*» qui tissent la trame de la vision du monde (ici, mécaniste), en quelque sorte l'ontologie de l'univers de référence (Harré & Stearns, 1995) qui sous-tend l'ensemble des croyances admissibles et raisonnables par lesquelles une société se pense et se dit. De ce point de vue, les représentations sont donc plus qu'une simple conception à propos d'un objet particulier, mais apparaissent comme des «*phénomènes de cohésion socio-discursifs*», selon l'expression de Moscovici et Vignaux (1994, p. 30), phénomènes avec lesquels il nous faut indéniablement composer dans le contexte de la formation des apprentis-enseignants.

Or, composer avec cette réalité souveraine, selon la belle expression de Berger et Luckmann (1986), n'est pas une mince affaire car cela requiert que les apprentis-enseignants aient l'occasion de problématiser en leurs diverses facettes leurs représentations sociales et, bien souvent, de remettre en question les engagements épistémologiques et socioéthiques qui implicitement les sous-tendent. C'est donc dans «la longue durée» que doivent s'inscrire les actions d'un programme de formation qui visent à favoriser le travail de réflexivité en profondeur nécessaire à cette problématisation. Toutefois, et c'est là nous semble-t-il l'un des aspects intéressants de la recherche relatée ici, si les représentations sociales des apprentis-enseignants témoignent d'une certaine option épistémologique commune, cette dernière donne lieu à des stabilisations différentes, comme nous l'avons indiqué plus haut. Or, à notre avis, ces différences peuvent

constituer autant de points sensibles sur lesquels peut s'ancrer une pratique de formation ; en effet, on peut penser que, pour ces apprentis-enseignants, confronter leurs stabilisations respectives peut apporter un questionnement prometteur pour le développement de leurs propres représentations. C'est du moins, *a posteriori*, l'un des enseignements que l'on peut tirer de la recherche plus vaste dans laquelle s'inscrit cette étude (Désautels et al., 1993, 1994), et qui misait sur le groupe plutôt que sur l'individu. Ainsi, l'un des premiers exercices pédagogiques (inspiré de Johnston, 1990) et qui invitait les apprentis-enseignants à préciser **entre eux** si, à leur avis, certains types de savoirs, tels la sociologie, la cartomancie, la plomberie, etc., sont scientifiques, a créé tout un émoi lorsqu'ils ont pris conscience que, malgré leur formation en sciences, ils ne s'accordaient pas sur les critères de démarcation ou encore étaient incapables de spécifier ce pour quoi un savoir peut être dit scientifique. La déconvenue éprouvée alors par les apprentis-enseignants au regard de ce qu'ils tenaient pour évident et qui, d'une certaine manière, contribuait à structurer leur identité professionnelle toute neuve, a ainsi constitué une occasion propice pour amorcer non seulement une réflexion sur la production des sciences, mais aussi sur ce que peuvent signifier enseigner et apprendre ces savoirs socialement constitués.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABRIC J.-C. (1994). *Pratiques et représentations sociales*. Paris, PUF.
- AGUIRRE J.M. & HAGGERTY S. (1995). Preservice teachers' meanings of learning. *International Journal of Science Education*, vol. 17, n° 1, pp. 119-131.
- BAUERSFELD H. (1994). Réflexions sur la formation des maîtres et sur l'enseignement des mathématiques au primaire. *Revue des Sciences de l'Éducation*, Numéro thématique «Constructivisme et Éducation», vol. 20, n° 1, pp. 175-198.
- BEAUVOIS J.-L. (1984). *La psychologie quotidienne*. Paris, PUF.
- BENYAMNA S. DÉSAUTELS J. & LAROCHELLE M. (1993). Du concept à la chose : la notion de particule dans les propos d'étudiants à l'égard de phénomènes physiques. *Revue canadienne de l'éducation/Canadian Journal of Education*, vol. 18, n° 1, pp. 62-78.
- BERGER P. & LUCKMANN T. (1986). *La construction sociale de la réalité*. Paris, Méridiens Klincksieck.
- BLANCHET A. et al. (1985). *L'entretien dans les sciences sociales. L'écoute, la parole et le sens*. Paris, Bordas.
- CLOSSET J.-L. & VIENNOT L. (1984). Contribution à l'étude du raisonnement naturel en physique. *Communication Information*, vol. 6, n° 2-3, pp. 399-420.
- DÉSAUTELS J., LAROCHELLE M., GAGNÉ B. & RUEL F. (1993). La formation à l'enseignement des sciences : le virage épistémologique. *Didaskalia*, n° 1, pp. 49-67.
- DÉSAUTELS J., LAROCHELLE M. avec la collaboration de PÉPIN Y. (1994). *Étude de la pertinence et de la viabilité d'une stratégie de formation à l'enseignement des sciences*. Rapport de recherche, Ottawa, Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

- DOISE W. (1989). Attitudes et représentations sociales. In D. Jodelet (dir.), *Les représentations sociales*. Paris, PUF, pp. 220-238.
- DRIVER R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, vol. 11, pp. 481-490.
- GAGNÉ B. (1994). Autour de l'idée d'histoire des sciences : représentations discursives d'apprenti(e)s enseignant(e)s de sciences. *Didaskalia*, n° 3, pp. 61-78.
- GALLAGHER J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, vol. 75, n° 1, pp. 121-133.
- GEDDIS A.N. (1988). Using concepts from epistemology and sociology in teacher supervision. *Science Education*, vol. 72, n° 1, pp. 1-18.
- GILBERT J.K., OSBORNE R.J. & FENSHAM P.J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, vol. 66, n° 4, pp. 623-633.
- GLASERSFELD E. von (1994). Pourquoi le constructivisme doit-il être radical ? *Revue des Sciences de l'Éducation*, Numéro thématique «Constructivisme et Éducation», vol. 20, n° 1, pp. 21-27.
- GLASERSFELD E. von (1995). *Radical constructivism. A way of knowing and learning*. London, Falmer Press.
- GRIZE J.-B. (1989). Logique naturelle et représentations sociales. In D. Jodelet (Dir.), *Les représentations sociales*. Paris, PUF.
- GUILBERT L. (1992). L'idée de science chez des enseignants en formation ; une analyse quantitative et qualitative à partir d'un test. *The Canadian Journal of Higher Education/La Revue canadienne d'enseignement supérieur*, vol. 22, n° 3, pp. 76-107.
- HAGGERTY S. (1992). Student teachers' perceptions of science and science teaching. In S. Hill (Éd.), *The history and philosophy of science in science education* (Vol. I). Kingston, Ontario, Queen's University, pp. 483-494.
- HARRÉ R. & STEARNS P. (1995). Introduction : Psychology as discourse analysis. In R. Harré & P. Stearns (Éds), *Discursive psychology in practice*. Great Britain, Sage, pp. 1-9.
- HASHWEH, M.Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 33, n° 1, pp. 47-63.
- JODELET D. (dir.) (1989). *Les représentations sociales*. Paris, PUF.
- JOHNSTON K. (Éd.) (1990). *Interactive teaching in science : workshops for training courses*. Leeds, ENG, University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- JOHSUA S. (1989). La perdurance des obstacles épistémologiques : un révélateur de leur nature. In N. Bednarz & C. Garnier (Dir.), *Construction des savoirs. Obstacles & conflits*. Montréal, CIRADE/Agence d'Arc, pp. 110-116.
- LAKOFF G. & JOHNSON M. (1985). *Les métaphores dans la vie quotidienne*. Paris, Éditions de Minuit.
- LAROCHELLE M. & BEDNARZ N. (1994). À propos du constructivisme et de l'éducation. *Revue des Sciences de l'Éducation*, Numéro thématique «Constructivisme et Éducation», vol. 20, n° 1, pp. 5-19.
- LAROCHELLE M., DÉSAUTELS J. & RUEL F. (1995). Les sciences à l'école : portrait d'une fiction. *Recherches Sociographiques*, numéro spécial «Science et société au Québec», vol. 36, n° 3, pp. 527-555.
- LEMKE J.L. (1990). *Talking science. Language, learning and values*. Norwood, NJ, Ablex.
- LORTIE D. (1975). *Schoolteacher : a sociological study*. Chicago, University of Chicago Press.

- MATHY P. & FOUREZ G. (1991). *Enseignement des sciences, éthique et société*. Namur (Belgique), Facultés universitaires de Namur, Département «Sciences, Philosophies, Sociétés».
- MORIN M., SOUVILLE M. & OBADIA Y. (1996). Attitudes, représentations et pratiques de médecins généralistes confrontés à des patients infectés par le VIH. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, n° 29, pp. 9-28.
- MOSCOVICI S. (1961). *La psychanalyse, son image et son public*. Paris, PUF.
- MOSCOVICI S. & VIGNAUX G. (1994). Le concept de thémata. In C. Guimelli (Dir.), *Structures et transformations des représentations sociales*. Lausanne, Delachaux & Niestlé, pp. 25-72.
- PIAGET J. & GARCIA R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris, Flammarion.
- POPE M. & GILBERT J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, vol. 67, n° 2, pp. 193-203.
- REDDY M.J. (1984). The conduit metaphor – A case of frame conflict in our language about language. In A. Ortony (Éd.), *Metaphor and thought*. New York, Cambridge University Press, pp. 284-324.
- RENÉ É. & GUILBERT L. (1994). Les représentations du concept de microbe : un construit social incontournable ? *Didaskalia*, n° 3, pp. 43-60.
- RUEL F. (1994). *La complexification conceptuelle des représentations sociales discursives à l'égard de l'enseignement et de l'apprentissage chez de futurs enseignants et enseignantes de sciences*. Thèse de doctorat non publiée, Québec, Université Laval.
- RUSSELL T., MUNBY H., SPAFFORD C. & JOHNSTON P. (1988). Learning the professional knowledge of teaching : metaphors, puzzles, and the theory-practice relationship. In P. Grimmet & G.L. Erickson (Éds), *Reflection in teacher education*. New York, Teachers College Press.
- RYAN A.G. (1982). *Scientific literacy : Some thoughts on preparing teachers to teach it*. A paper presented at the NSTA/SSTS/CASE Joint International Science Conference, Saskatoon.
- STENGERS I. (1992). *Le rôle possible de l'histoire des sciences dans l'enseignement*. Montréal, Université du Québec à Montréal, Cahier du CIRADE, n° 65.
- TOBIN K. & McROBBIE C.J. (1996). Cultural myths as constraints to the enacted science curriculum. *Science Education*, vol. 80, n° 2, pp. 223-241.
- TOBIN K., TIPPINS D. & GALLARD A.J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D.L. Gabel (Éd.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York, Macmillan, pp. 45-93.
- VIGNAUX G. (1988). *Le discours acteur du monde. Énonciation, argumentation et cognition*. Gap, Ophrys.
- WAGNER W. (1995). Représentations sociales en situation – commentaires à propos de politique quotidienne et théorie. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, n° 28, pp. 55-66.



WYNNE B. (1994). Public understanding of science. In S. Jasanoff, G.E. Markle, J.C. Petersen & T. Pinch (Éds), *Handbook of science and technology studies*. Thousand Oaks, CA, Sage, pp. 361-388.

ZEICHNER K.M. & GORE J. (1990). Teacher socialization. In R.W. Houston (Éd.), *Handbook of research on teacher education*. New York, Macmillan, pp. 329-348.

## **ANNEXE : Protocole d'entrevue**

- Comment décrirais-tu l'enseignement des sciences que tu as connu en tant qu'apprenant ? (Par une évocation de tous les cycles d'enseignement, plus ou moins brièvement selon les souvenirs de la personne interviewée, l'invitation est faite à celle-ci d'exposer le rôle joué par l'enseignant à l'époque, celui joué par l'élève, les pratiques pédagogiques ayant eu cours, etc.)
- Que signifie pour toi un « bon » enseignement des sciences ? Quel(s) but(s) poursuis-tu à travers l'enseignement des sciences ?
- Comment t'apparaît l'enseignant dans le type d'enseignement que tu entends réaliser ? (Son rôle, ses qualités recherchées, les interventions qu'il privilégie, etc.)
- Comment t'apparaît l'élève dans ce type d'enseignement que tu souhaites mettre en œuvre ? (Son rôle, ses qualités recherchées, les attentes du maître à son égard, etc.)
- Quelle place accordes-tu aux séances de laboratoire dans ton éventuel enseignement des sciences ? (L'occasion est donnée ici à l'interviewé de décrire ce que de telles séances ont signifié dans sa propre formation et de quelle manière ou dans quelle mesure il entend prendre ses distances par rapport à cette formule d'apprentissage on ne peut plus caractéristique de l'enseignement des sciences depuis son implantation au début des années soixante.)
- Selon toi, de quoi dépend l'apprentissage des notions scientifiques chez un élève ? De quelle façon un élève acquiert-il des notions scientifiques ?
- Comment qualifierais-tu cet apprentissage de concepts scientifiques ? Facile ? Difficile ? Semblable à tout autre apprentissage ? Explique ton point de vue.
- Crois-tu que le langage joue un rôle particulier dans l'apprentissage et l'enseignement des sciences ?

- En quoi se reconnaît, à ton avis, un apprentissage «réussi» en sciences ?
- Penses-tu que l'apprentissage des sciences soit souhaitable pour tous les élèves au secondaire ? Crois-tu qu'il soit accessible à tous ?
- Quelle place réserves-tu à l'évaluation dans ton éventuel enseignement ?
- As-tu des inquiétudes face à ton futur enseignement des sciences ? Si oui, lesquelles ? Sinon, explique ton sentiment présent.
- Qu'attends-tu de ta formation à l'enseignement des sciences dans le cadre du certificat en pédagogie dans lequel tu es engagé ?
- Penses-tu que l'idée que se fait un enseignant des sciences de ce qu'est l'enseignement des sciences ait de l'influence sur la manière dont il exercera cet enseignement ? Explique ton point de vue.
- Selon toi, un futur enseignant ou une future enseignante de sciences devrait-il être sensibilisé au cours de sa formation à l'histoire des sciences ? À la philosophie des sciences ? À la sociologie des sciences ? Pourquoi ?
- Une connaissance de ces domaines ci-haut mentionnés est-elle susceptible d'avoir des conséquences sur la pratique pédagogique du futur enseignant ? Si oui, laquelle ? Si non, explique ton point de vue.

# Former en didactique, former sur le contenu ?

## Principes d'élaboration et éléments d'évaluation d'une formation en didactique de la physique en deuxième année d'IUFM

**Laurence VIENNOT**

Laboratoire de Didactique de la Physique dans l'Enseignement Supérieur  
Université Denis Diderot  
Case 7021  
2, place Jussieu  
75251 Paris cedex 05, France.

### **Résumé**

*La nécessaire imbrication entre réflexion didactique et réflexion sur le contenu disciplinaire, associée à l'idée de choix didactique, conduit à s'interroger sur le point de vue à ce sujet de professeurs en formation initiale, a priori et à la suite d'une formation dont les principes d'élaboration intègrent ces deux pôles de réflexion. Deux questionnaires en début et fin de formation amènent des résultats stables sur une période de quatre ans. Partis d'une vision où didactique et contenu disciplinaire sont très découplés, les stagiaires évoluent largement de ce point de vue. En revanche, l'idée de choix didactique se révèle plus difficile à promouvoir.*

**Mots clés :** didactique, formation des maîtres, sciences physiques, conceptions des enseignants.

## **Abstract**

*Didactical analysis and decision making on how to teach a given content in a given context requires in-depth thinking on the subject matter itself. This paper examines what teachers say on this point during their initial training, before and after a session that integrates these two aspects. An investigation using initial and final questionnaires led to results that turned out to be stable over a period of four years. The trainee teachers seemed to be initially convinced that reflecting on science education and thinking about the content are unrelated activities, and then widely changed their minds on this respect. On the contrary, the idea that choices about their teaching strategies are largely open seems not to have been efficiently fostered.*

**Key words** : science education, teachers' training, physics, teachers' conceptions.

## **Resumen**

*La necesaria imbricación entre reflexión didáctica y reflexión sobre el contenido disciplinario, asociado a la idea de selección didáctica, conduce a pensar sobre el punto de vista a este respecto de profesores en formación inicial, a priori y a continuación de una formación donde los principios de elaboración integran estos dos polos de reflexión. Dos cuestionarios, al inicio y al final de la formación, arrojan resultados estables sobre un período de cuatro años. Partiendo de una visión donde la didáctica y el contenido disciplinario son actividades no relacionadas, los participantes evolucionan largamente en este punto de vista. Al contrario, la idea de selección didáctica se revela más difícil a promover.*

**Palabras claves** : didáctica, formación de maestros, ciencia física, concepciones de los profesores.

## **1. INTRODUCTION**

La recherche en didactique concerne les processus d'enseignement et d'apprentissage dans leur articulation mutuelle et dans leurs aspects les plus liés aux contenus disciplinaires.

Didactique et contenu apparaissent donc comme liés de manière constitutive. Certes les savoirs produits par ce courant de recherche apparaissent comme plus ou moins transversaux par rapport aux dits contenus. En particulier, les outils conceptuels élaborés par les chercheurs pour définir leur problématique, spécifier leur méthodologie et formuler leurs résultats visent une certaine généralité transdisciplinaire. Les résultats eux-mêmes sont attachés à des domaines de contenu plus ou moins étendus. Mais cette référence au savoir particulier qu'il s'agit de faire apprendre reste permanente : des choses différentes sont à connaître sur l'enseignement-apprentissage en chimie et en instruction civique.

Au moins en physique et en chimie, le contenu disciplinaire dont il est question dans l'enseignement, quels qu'aient été ses processus d'élaboration, fait maintenant l'objet d'un consensus dans la communauté savante. Certes, il convient de se souvenir que tout consensus reste provisoire, mais on peut promettre une belle longévité aux lois de Newton assorties de leur domaine de validité, par exemple. Il y a donc en fait toute l'apparence d'une unicité dans la référence savante prise pour la plupart des contenus d'enseignement en sciences physiques.

Cette unicité consensuelle peut contribuer à restreindre les choix d'objectifs de contenu que s'autorisent les enseignants, dans leurs déterminations institutionnelles, comme dans celles qui leur sont personnelles. En clair, on peut penser qu'accéder à la deuxième loi de Newton, c'est maîtriser la relation  $\vec{F} = m\vec{a}$ , un point, c'est tout. Ceci n'exclut ni une idée de l'élaboration de la science compatible avec l'épistémologie moderne, ni une vision constructiviste de l'apprentissage. Cette dernière sera comprise, dans une telle perspective, comme source d'inspiration pour gérer les étapes de l'apprentissage. Mais le point de mire de l'enseignant restera la deuxième loi de Newton et, puisqu'elle est unique, celle qu'il a apprise. Autrement dit : le contenu serait unique et les «méthodes d'enseignement» variées. Alors, didactique et contenu disciplinaire apparaissent comme largement découplés. Or, la relation entre ces deux champs de connaissances se présente de manière bien différente. Le savoir savant, à l'intérieur de son unicité consensuelle, est susceptible de formulations variées et c'est même largement comme cela qu'il avance. Ceci est particulièrement vrai lorsqu'il s'agit de définir des objectifs d'enseignement. Le terme d'«éclairage» convient bien pour exprimer le caractère varié et non complet de ces formulations, pourtant toutes compatibles avec un tout plus constitué qui mériterait le label de savoir savant. Il évoque aussi la création de signification : on peut faire du neuf avec un vieil objet, en l'éclairant différemment. Les chercheurs en didactique le savent bien, travailler un thème de recherche lié à un contenu, c'est inévitablement «revisiter» ce contenu.

Lorsque ce processus de reformulation intervient dans la définition d'objectifs d'enseignement, et plus largement dans celle du savoir enseigné, il rejoint la «transposition didactique» dont Yves Chevallard (1985) a développé la théorie (voir aussi Arzac et al., 1994).

Supposons maintenant que l'on souhaite contribuer à former des enseignants (dans la suite : «stagiaires») pour leur activité professionnelle, par une formation intégrant les acquis de la didactique. Il importe alors, dans une perspective constructiviste, de connaître leurs idées sur ce dernier domaine de connaissances et de compétences, afin de les prendre en compte.

Pour la formation étudiée ici, l'objectif d'ensemble est de développer chez les stagiaires la conscience qu'il existe un éventail de choix didactiques plus large qu'ils ne le pensent, et de les initier à quelques moyens d'argumenter ces choix. À cette fin, des exemples assortis d'outils d'analyse sont l'objet d'un travail qui vise une forte participation des stagiaires, et qui sera évoqué plus en détail dans la suite.

Que sait-on des idées *a priori* des maîtres en formation sur la science, et sur l'enseignement ? Une littérature considérable aborde cette question sous l'angle épistémologique. Elle apporte des points de vue et des résultats tout à fait convergents sur «*l'idée de science*» (Larochelle & Désautels, 1992), ou les «*images de la science*» (Millar, 1989) des étudiants ou des enseignants. Le caractère «*empiriste*» ou «*empiricoréaliste*» (Désautels et al., 1993) des idées communes sur la science est très généralement souligné, alors que d'autres auteurs parlent de «*positivisme*», d'«*inductivisme*» (Johsua & Dupin, 1986) ou encore de «*réalisme naïf*». Koulaidis et Ogborn (1995), tout en rappelant que réalisme et empirisme n'appartiennent pas à la même dimension d'analyse philosophique et ne vont donc pas nécessairement de pair (voir aussi Gingras, 1994), posent de manière particulièrement explicite la question des liens entre vues philosophiques sur la science et prises de position sur l'enseignement de ce domaine. Ils concluent positivement sur l'existence très probables de tels liens, rejoignant ainsi, outre les auteurs que l'on vient de citer, Brickhouse (1989), Gallagher (1991), Holt Reynolds (1992), Lakin et Wellington (1994), entre autres.

L'argument le plus souvent repris est que l'on peut difficilement considérer la science comme une vérité absolue directement lisible dans l'expérience et avoir une vision constructiviste de l'apprentissage.

Certes, il existe très probablement un lien entre penser que l'expérience a parlé d'elle-même dans l'élaboration historique des connaissances, et prévoir qu'elle va faire de même dans l'enseignement.

En revanche, on peut sans doute avoir une vision du consensus atteint actuellement sur certains domaines dépourvue de tout relativisme, et aussi une vision constructiviste de l'apprentissage. En clair, on peut considérer que la deuxième loi de Newton fait désormais partie du patrimoine de connaissance de l'humanité, et pourtant s'interroger sur la manière d'aider les élèves à construire pour eux-mêmes une compréhension et une maîtrise de cette loi et du champ conceptuel où elle s'insère. Notre question ici n'est pas précisément du type de celles que l'on vient d'évoquer. Elle ne porte pas sur le caractère de vérité plus ou moins absolue du consensus, ni même directement sur le rôle de l'expérience dans la science et dans le processus d'enseignement-apprentissage. Elle concerne le fait d'admettre la pluralité

des éclairages pour un même contenu savant, la capacité à reconnaître qu'avant de décider d'objectifs conceptuels ou de méthodes pédagogiques, avant même de négocier la transposition didactique la plus adéquate, le chercheur en didactique et l'enseignant auront à considérer tout contenu comme éminemment revisitable, point de convergence d'éclairages qui, tous, contribuent à le constituer.

Cette conscience d'une pluralité d'éclairages pour un contenu réputé unique est l'un des objectifs de la formation en cause ici, un autre étant que les stagiaires accèdent à des moyens d'informer leurs choix didactiques. Plus largement, l'intention est qu'ils amorcent en formation initiale une pratique réfléchie et de recherche qui leur permettra un enrichissement dans la durée. Les éléments d'enquête que nous présentons après avoir décrit plus en détail la formation portent essentiellement sur le premier de ces points, c'est-à-dire sur l'éventualité d'un retour sur le contenu à partir d'une réflexion didactique.

Le débat qui a suivi la création des IUFM (Institut Universitaire de Formation des Maîtres) dans la presse française – former en didactique ou (disjonctif) former sur le contenu ? –, les catégories couramment établies à propos des dimensions souhaitables pour la formation des enseignants (rapport Bancel au Ministre en 1989), sont autant de contributions qui, sans être dépourvues de légitimité, conduisent toutes à découpler maîtrise du contenu et réflexion didactique.

Jusqu'où va ce découplage chez les stagiaires avant et après une formation qui vise à l'effacer ? Peut-on faire évoluer leurs idées sur ce plan, et leur faciliter l'accès à une réflexion didactique qui «remonte jusqu'au contenu» et donc, par ricochet, en étende la maîtrise ?

Nous cherchons à savoir quelles sont, *a priori* et *a posteriori*, les idées des stagiaires sur les relations entre formation en didactique et formation sur le contenu. Ces relations sont-elles considérées comme nulles ? Alors, c'est bien probablement le schéma : contenu (unique)/méthodes (en principe, plurielles), avec toutes ses limites, qui sous-tend les perspectives d'évolution des stagiaires. Dans le cas contraire, plusieurs aspects de la compétence professionnelle des stagiaires sont probablement en bonne voie : la remise en cause de leur propre compréhension du contenu, l'ouverture des choix d'«éclairage» pour ce contenu, l'accès à l'idée de transposition didactique réfléchie, négociée.

Le dispositif expérimental dont il est fait état dans cet article est relativement léger (nous donnons plus de détail sur ce point dans la suite). Ceci reflète le choix d'une investigation aussi peu perturbante que possible pour la formation. Tous les stagiaires inscrits s'y sont prêtés. Les effectifs concernés restant, au demeurant, faibles (de l'ordre d'une dizaine chaque

année), il faut se garder d'attribuer un caractère généralisable aux éléments quantitatifs que nous indiquons.

Notons que nous n'avons pas le moyen, pour cette étude, de juger directement des transformations des pratiques d'enseignement à la suite de cette formation.

## 2. LES ATTENTES INITIALES DES STAGIAIRES

### 2.1. Le questionnaire d'entrée : but, conditions de passation et contenu

Nous nous intéressons d'abord aux attentes initiales des stagiaires à propos d'une formation de deuxième année d'IUFM en didactique. Il faut donc relativiser le terme «initiales». En IUFM, les stagiaires ont pu avoir des occasions préalables de contact avec la didactique, soit directement, soit à travers leurs professeurs formateurs. Les stagiaires sont interrogés en début d'année par l'enseignant responsable du module de didactique (l'auteur), avant toute période de familiarisation mutuelle. La perception d'un certain agacement devant l'«acharnement» des didacticiens à multiplier les questionnaires, en particulier comme cérémonie d'accueil, a conduit à limiter l'interrogation sur ce thème des attentes initiales. Il s'agit donc d'un sondage en situation, sans prétention à une analyse très poussée de la vision de chaque stagiaire, et dont seuls d'éventuels résultats globaux seront à retenir.

Seules deux des quatre années de fonctionnement ont donné lieu à une interrogation sur les attentes des formés. Celle-ci s'est faite par questionnaire. En 1991, celui-ci comportait deux questions :

1) *Selon vous, que doit-on surtout savoir, savoir faire, pour être un bon enseignant ?*

2) *Parmi ces aptitudes, cochez celles sur lesquelles une formation en didactique devrait surtout porter, à votre avis.*

En 1994, seul le second point était évoqué :

*Qu'attendez-vous d'une formation en didactique ?*

On note la forme extrêmement ouverte des questions (même lorsqu'il s'agit de «cocher», c'est dans la liste fournie par le stagiaire lui-même) qui favorise *a priori* une certaine dispersion des réponses. La première question du questionnaire de 1991, qui évoque les qualités requises d'un bon enseignant, n'est pas tant là pour elle-même que pour faciliter la réponse à la seconde question.



Les stagiaires, informés préalablement sur le but du questionnaire, ont répondu de manière anonyme et sans limitation de temps. Ils ont pris, pour répondre, environ une demi-heure en 1991 (N=11) et un quart d'heure en 1994 (N=12).

## 2.2. Résultats du questionnaire d'entrée

Lors de la première enquête, les stagiaires se sont exprimés sur leurs attentes plus largement que dans la seconde, sans doute à cause de la question préalable sur les savoirs et savoir-faire d'un «bon enseignant». Nous donnons d'abord ces résultats avant d'évoquer l'enquête de 1994, qui en confirme les points essentiels.

### *En 1991*

Comme on peut s'y attendre, les réponses couvrent un champ assez large d'aptitudes citées comme nécessaires au bon enseignant. Le nombre moyen d'aptitudes mentionnées dans ces réponses est de l'ordre de 6. La catégorisation des réponses ne s'impose pas de manière évidente. Des unités de signification ont été regroupées en catégories qui sont illustrées en annexe.

En tête des préoccupations se trouve le souci de maintenir une bonne gestion de classe, l'intérêt des élèves et la communication, et ceci en prenant les élèves tels qu'ils sont. Sur ce dernier point, cependant, on voit peu d'allusions au fait que les élèves doivent être «mis en action», qu'ils ont non seulement un «niveau» mais aussi des idées.

Du point de vue de l'importance du contenu, on peut retenir que la nécessité de maîtriser sa discipline est spécifiée par les deux tiers des stagiaires interrogés. L'aspect expérimental est souligné avec la même fréquence. Ceci est exprimé d'une manière qui met en cause l'aptitude du maître à dominer sa discipline comme science expérimentale. Ainsi, on est loin d'un «pédagogisme» caricatural, où les maîtres compteraient d'abord sur leur talents en «pédagogie» sans se soucier de leurs propres connaissances disciplinaires.

Les attentes initiales en matière de formation didactique se répartissent très inégalement par rapport à l'éventail ci-dessus. Le plus frappant est que les stagiaires semblent, à travers leurs réponses, ne rien attendre de la didactique quant à la maîtrise de leur discipline : aucun des stagiaires qui mentionnent l'importance de celle-ci n'attend que la didactique le fasse progresser sur ce point. En revanche, un apport de la didactique sur l'aspect expérimental est souhaité par tous ceux qui expriment l'importance de cet aspect dans l'enseignement.

## **En 1994**

Les douze stagiaires interrogés en 1994 confirment, par leurs réponses succinctes, l'essentiel de ces résultats.

Le seul point de forte divergence est celui-ci : six stagiaires disent ne rien attendre faute de savoir ce qu'est la didactique (N = 4) ou (non disjonctif) parce qu'ils doutent qu'on puisse en faire le moindre usage (N = 3). La forme du premier questionnaire, en deux questions successives, explique sans doute en partie qu'aucun des stagiaires de 1991 ne se soit exprimé en ces termes.

Mais que ce soit les uns, par leur silence, ou les autres par leur réponse, aucun ne mentionne, parmi ses attentes, d'être mieux à même de maîtriser le contenu de la discipline. Deux seulement évoquent un contenu particulier pour s'inquiéter de le «faire passer» auprès des élèves. Le souci de manier au mieux «le TP introductif» (un stagiaire) est le seul qui prenne une forme aussi précise, les autres attentes exprimant des préoccupations telles que «soutenir l'attention des élèves» (N = 2), «présenter la science sous plusieurs angles» (N = 1), ou d'autres encore plus générales (N = 4), telles que «posséder des règles générales pour faire un enseignement devant des élèves».

Malgré son caractère réduit, cette investigation sur les attentes des maîtres en formation montre assez clairement que, si les connaissances dans la discipline sont considérées comme importantes pour enseigner, elles ne semblent pas, à travers les commentaires recueillis, devoir être enrichies lors d'une formation en didactique. Le seul aspect relevant de la discipline qui soit considéré par les stagiaires comme devant bénéficier d'une formation en didactique est l'aspect expérimental.

## **3. UNE FORMATION QUI INTÈGRE DIDACTIQUE ET APPROFONDISSEMENT DU CONTENU**

### **3.1. Les principes d'élaboration**

Ces futurs enseignants, donc, ne comptent pas sur une formation en didactique pour accroître leur maîtrise du contenu disciplinaire. Ils ne semblent pas penser non plus que des manques de connaissances disciplinaires peuvent les empêcher de bénéficier d'une telle formation (la question n'est pas posée directement pour ne pas forcer l'attention sur ce point).

La perspective dans laquelle se situe cette séquence, développée en introduction, est celle d'une didactique qui «remonte» en quelque sorte loin dans le contenu : le travail sur «l'éclairage» de l'objet de savoir savant, par l'enseignement et pour l'apprentissage, est partie intégrante de la réflexion didactique. Ainsi, il est tout simplement impossible de ne pas revenir sur le contenu.

La séquence destinée aux stagiaires d'un IUFM (Paris) et dont nous nous proposons d'analyser les effets se situe dans cette ligne. Nous en attendons donc, entre autres bénéfiques, le développement chez les stagiaires d'une attitude de réexamen du contenu.

Répetons-le, la question abordée dans cette étude est simplement celle-ci : les stagiaires ont-ils évolué dans leur conception des apports éventuels de la didactique, en particulier en matière de revisitation du contenu de la discipline ?

Plus spécifiquement, les objectifs annoncés aux stagiaires (après qu'ils aient exprimé leurs attentes) sont d'illustrer la notion de choix didactique, et d'en informer la mise en œuvre par deux voies privilégiées :

- une mise en évidence des difficultés communes, de la «logique», de la résistance de celles-ci, avec propositions d'aides pédagogiques pour en faciliter la maîtrise, et ceci sur divers contenus,

- une illustration de l'éventail des activités que l'on peut proposer aux apprenants, avec analyse critique.

La formation est située dans une perspective à long terme, c'est-à-dire présentée comme visant une mise en appétit pour la suite. Quant au déroulement lui-même, les stagiaires sont invités à suivre une grande partie des enseignements en se situant dans un double registre : celui du «cobaye» et celui de l'analyste.

Dans son analyse des stratégies de formation en didactique des mathématiques, Kuzniak (1994) distinguait notamment deux modalités, la stratégie d'«homologie» qui suggère aux formés : «faites avec vos élèves ce que je fais avec vous», et la stratégie de «transposition», où divers aspects de l'enseignement (de tel contenu à tels élèves) sont explicitement analysés avec les formés pour fournir à ceux-ci des éléments de réflexion et de décision. Du point de vue de cette catégorisation, la séquence en cause ici relèverait donc à la fois de l'«homologie» et de la «transposition».

Ainsi, trois séances de trois heures sont-elles réservées à la «simulation» d'un enseignement. Celui-ci est construit pour des professeurs de collège en formation continue, dont les stagiaires sont supposés jouer le rôle. La séquence est consacrée à une «mécanique pour débutants» (voir le fascicule : Viennot, 1985, dont ces séances reprennent tout le début). Il s'agit

des lois de Newton, la seconde dite «fondamentale» et la troisième dite «des interactions».

Celles-ci sont présentées sous la forme réduite proposée actuellement pour le programme de première (grade 11) scientifique, et qui est accessible à l'aide d'une cinématique plus que rudimentaire : ainsi, un travail sur la notion de référentiel est-il reporté à plus tard, et l'on considère seulement le fait que le mouvement «change» ou «ne change pas» en direction et/ou en vitesse linéaire, laissant ainsi de côté toute considération plus analytique sur l'accélération. L'«éclairage du contenu» comporte, outre cette réduction, un accent sur le caractère irréductible de la troisième loi à la seconde, et donc sur la distinction entre un bilan de forces, d'une part, et l'égalité des intensités des deux termes d'une interaction, d'autre part. La place du temps dans ces lois (valables à tout instant pour des grandeurs prises au même instant) est l'objet d'une attention marquée. Il faut relever ici que, contrairement à ce que suggère leur apparente banalité, ces deux derniers aspects ne sont pas couramment soulignés dans l'enseignement (Viennot, 1996).

Les activités comprennent vingt minutes seulement d'exposé théorique ; de nombreux débats autour de situations physiques, y compris expérimentales, propres à révéler des difficultés typiques toujours très présentes chez les stagiaires eux-mêmes ; une analyse de ces difficultés et de l'organisation propre des raisonnements qui les sous-tendent ; des analyses de manuels et de copies d'élèves ; des séances de pratique et de critique d'une méthode de schématisation proposée pour clarifier la modélisation des situations étudiées, et dont on souligne comment elle s'articule sur les difficultés préalablement mises à jour.

À tout moment, les stagiaires sont invités à ne pas perdre de vue leur double rôle de «cobaye» et d'analyste. La dernière séance consacre une large place à la caractérisation par les stagiaires de l'enseignement reçu, et à une phase de critique soigneusement distinguée de la précédente. La notion de choix didactique, en particulier celui des objectifs, est fortement soulignée, de même que l'imbrication de fait des choix didactiques sur les activités et de ceux qui concernent les objectifs conceptuels.

Cette démarche est reprise de manière plus ou moins caractérisée pour d'autres thèmes. Certains sont centrés sur un domaine avec ses difficultés associées, ainsi la couleur et l'adhérence couleur-matière (séquence de Chauvet, 1993), les circuits électriques et le raisonnement séquentiel (Closset, 1989), les difficultés du raisonnement à plusieurs variables (Viennot, 1992), l'optique géométrique élémentaire (séquence de Kaminski, 1991), le «+» et le«-» (Rebmann & Viennot, 1994).

D'autres prennent pour objet un type d'activité, ainsi l'analyse approfondie de «solutions d'exercice» classiquement rédigées et soumises

telles quelles aux étudiants, le travail proposé étant alors de répondre à de nombreuses questions à leur propos. Selon les années, cette séquence a occupé de 42 heures (en 1991-1992) à 30 heures (de 1992 à 1995).

## 4. QUESTIONNAIRE EN FIN DE FORMATION

### 4.1. Questions et résultats

Un questionnaire anonyme a été passé vers la fin de la séquence, après, selon les années, 24 à 33 heures d'enseignement. Celui-ci ne porte pas exclusivement sur l'idée que les stagiaires se font de la didactique, ou de cette didactique. Le questionnaire en effet se présente comme une évaluation de la formation, d'où la présence, par exemple, de questions amenant à comparer les séances entre elles. Ne sont présentés ici que les résultats aux questions qui se rapportent directement aux points abordés dans cet article : *«quelles relations la didactique entretient-elle, selon les stagiaires, avec le contenu ? Comment leur point de vue à ce sujet évolue-t-il lors d'une séquence de formation qui intègre didactique et approfondissement du contenu et est donc incompatible avec une vision découplée de ce contenu et de la «méthode d'enseignement» ?*

Les questions proposées aux stagiaires sont très ouvertes. Elles sont reproduites dans ce qui suit en caractères gras, accompagnées à chaque fois des principaux résultats correspondants. Elles ont des statuts divers, tantôt suggérant une réponse relativement distanciée, jugement porté sur des objectifs souhaitables ou non, atteints ou non, tantôt mettant en cause beaucoup plus directement le stagiaire lui-même, ainsi : *«avez-vous changé certains de vos points de vue ?»*

Cette variété d'abords semble en effet souhaitable pour augmenter les chances de voir s'exprimer les stagiaires sur un terrain où toutes sortes de réticences sont à prévoir. Nous donnons les résultats obtenus en 1991-1992, et en 1994-1995. Les deux années écoulées entre-temps ont donné lieu à des résultats tout à fait analogues, mais nous faisons le choix de ne présenter que la dernière année en contrepoint à la première, de manière à augmenter au maximum les chances de voir apparaître d'éventuelles évolutions, par exemple dues à un effet d'expertise de l'enseignant responsable, ici l'auteur.

En 1992 comme en 1995, onze stagiaires étaient présents pour cette évaluation. Ils ont pris environ une demi-heure pour répondre.

Comme précédemment, nous analysons les réponses en dégageant des unités de signification rassemblées ensuite en catégories. Quand ce

regroupement peut donner lieu à contestation, ou simplement pour illustrer une catégorie, nous reproduisons les expressions mêmes employées par les stagiaires concernés. La série de deux nombres entre parenthèses qui accompagne l'intitulé de chaque catégorie désigne les effectifs correspondant à chacune des promotions concernées (1991-1992, et 1994-1995). Pour chacune de ces questions, les types de réponses mentionnés ne sont pas mutuellement exclusifs, on ne s'étonnera donc pas que le total des occurrences dépasse le nombre des stagiaires ayant répondu. Nous excluons de ce compte-rendu des catégories où l'effectif n'atteint pas trois stagiaires pour au moins l'une des promotions concernées.

Enfin il arrive, dans des passages de l'analyse où nous ne faisons aucun comptage, que nous citons des réponses longues et comprenant un grand nombre d'idées à la fois.

### **1 – Quels objectifs vous paraissent souhaitables pour une formation de deuxième année d'IUFM en didactique de la physique ?**

Les réponses (11, 11) déclarent souhaitables deux objectifs principaux.

Il s'agit d'abord d'une prise de conscience sur les difficultés (8, 8), «*les points épineux*», «*les difficultés rencontrées par les élèves*», lesquelles sont, pour une petite moitié des stagiaires (5, 4), partagées par les maîtres : «*on a des idées fausses...*», «*...les idées fausses ou demi-fausses contenues dans l'enseignement traditionnel*». Ils en conviennent, «*nous-mêmes n'avons pas compris*», «*même à notre niveau, de nombreuses questions ne sont pas, ou mal, assimilées*», ... «*sur des sujets que l'on croyait élémentaires*».

À cet objectif s'ajoute une «*meilleure maîtrise de la physique*» (6, 5), pour donner «*une autre façon d'approcher la physique*», «*une autre méthode pour faire comprendre les choses*», «*construire des modèles scientifiques*», «*donner des pistes pour aborder certains aspects de la physique, réfléchir plus*», «*clarifier les bases de la physique*».

Sont également signalés, avec une fréquence moindre, le fait de «*montrer des expériences simples*» (4, 2), et l'aptitude à «*faire des choix*» (0, 3), notamment ceux «*d'objectifs d'enseignement*».

Prise de conscience des difficultés et maîtrise accrue du contenu sont donc ici les thèmes dominants, avec une discrète apparition de l'idée d'éducation au choix, laquelle avait été accentuée entre temps par l'enseignant au vu des premiers résultats.

### **2 – Quels sont les objectifs (annoncés ou non) qui vous semblent a) manifestement atteints ?**

Les réponses (10, 11) mentionnent, là encore, une prise de conscience des difficultés (6, 9) et le fait de donner une vision renouvelée du contenu

(6, 7) ou encore, pour reprendre les termes des stagiaires : «*une nouvelle approche de la physique*», «*une meilleure maîtrise de la discipline enseignée*», «*des choix nouveaux et des approches nouvelles facilitant l'abandon des mauvaises habitudes des physiciens*», permettant d'«*aborder les bilans de forces différemment pour une meilleure compréhension*», de «*clarifier les bases de la physique*».

L'idée de choix est encore faiblement représentée (0, 3) : sont évoqués une «*illustration des choix dans l'enseignement*», le fait de «*définir des objectifs d'enseignement*».

### **b) manifestement non atteints (limiter la liste !)**

Les réponses (5, 9) sont relativement dispersées. Il est question de l'aspect expérimental (3, 0) «*un peu faible*», ou encore des solutions qui manquent (2, 3), compte tenu de «*remèdes parfois insuffisants ou non convaincants*», de l'absence de «*technique pour élaborer un cours*» ou de «*solution applicable en classe, gestion de classe*».

Certaines de ces réponses (1, 5) portent en fait sur des points ou des activités qui ont été découverts ou développés particulièrement dans le stage. Ainsi exprime-t-on le souhait d'avoir plus «*de critique de textes*», «*de didactique*», «*une plage plus étendue de notions de physique*», et le regret suivant : «*les difficultés des élèves ne sont pas assez complètement analysées*». Il est frappant de retrouver là à peu près exactement les thèmes développés à propos de la question précédente. Ce qui est souhaitable serait donc ce qui a été réussi, sauf en ce qui concerne l'aspect expérimental jugé en 1992 (et à juste titre) faiblement développé. Ce qui a été déclaré réussi peut aussi laisser les mêmes stagiaires sur leur faim, ce qui est le cas, en 1995, pour trois des cinq derniers insatisfaits cités.

### **3 – À la suite de ce cours, avez-vous changé certains de vos points de vue**

**a) sur l'enseignement ? Si oui, lesquels et pourquoi ?**

**b) sur la physique (autre manière de la comprendre, autre idée de l'essentiel à comprendre, autre idée de ce qui est difficile...). Si oui, lesquels et pourquoi ?**

**c) sur la didactique (ce qu'elle peut être, ce qu'elle devrait être, ce qu'elle devrait dire...) ?**

Le dépouillement de cette partie est difficile, car les stagiaires (9, 10) se sont exprimés en imbriquant de fait les rubriques a), b), et c), pourtant séparées par les espaces nécessaires pour répondre.

Par exemple, on trouve dans la rubrique «*enseignement*» la remarque : «*la physique concerne des phénomènes simples*», qu'on peut sans doute

traduire par «*rien n'est évident ou élémentaire en physique*», et qui concerne d'abord une vision de la physique. Deux autres stagiaires évoquent, à propos de l'enseignement, la clarification apportée par ce cours, laquelle concerne plutôt leur compréhension de la physique que leur conception de l'enseignement. Ou encore, la réponse qui évoque «*le souci du sens par rapport au calcul*» dans la rubrique «physique» traduit probablement ce qu'il est important de développer dans l'enseignement.

De même, ce stagiaire qui dit avoir compris la nécessité de «*se poser des questions de fond*» à propos de la physique évoque-t-il probablement aussi des préoccupations d'enseignant. C'est encore dans cette dernière rubrique (physique) qu'un autre, qui par ailleurs trouve que la didactique ne fournit pas assez de remèdes, écrit qu'il a réalisé qu'il fallait «*modifier les choses en profondeur*». Enfin c'est là aussi que nous trouvons une synthèse assez complète des acquis de l'une des stagiaires, avec un accent sur l'idée de choix :

*«Il n'existe pas une façon d'enseigner. L'important est de trouver celle qui nous permettra de l'enseigner au mieux en ayant bien à l'esprit les difficultés que nous avons rencontrées et donc a priori celles de nos élèves».*

On trouve néanmoins des commentaires qui répondent plus spécifiquement à la rubrique où ils se trouvent.

– **Pour l'enseignement** : les stagiaires qui estiment qu'à l'issue de la formation leur point de vue sur l'enseignement a changé – réponse «oui» parfois implicite, seuls (1, 1) stagiaires répondent «non», (2, 0) ne répondent pas –, évoquent la rigueur et la vigilance, *via* une «*autre*» démarche, marquée par un certain «*recul*», l'exploitation positive des erreurs, l'idée de «*spécification des objectifs*». Ainsi, selon ces stagiaires, «*chaque mot compte : quel sacerdoce !*», c'est «*l'ambition d'exposer sans concession*», il faut «*faire participer autrement*» les élèves, avoir «*plus de recul*», «*exploiter au mieux toutes les erreurs*», maintenir «*l'attention à la spécification des objectifs*».

– **Pour la physique** : parmi les stagiaires qui disent avoir changé leur point de vue sur la physique – réponse «oui» parfois implicite, seuls (2, 2) stagiaires répondent «non», (2, 2) ne répondent pas –, certains expriment une exigence accrue, «*le fait de rechercher à être plus rigoureux...*», non sans un certain prix à payer, comme en témoigne cette remarque :

*«Ce cours est très déstabilisant quant à l'assurance de l'acquis des connaissances en sciences physiques. Mais, d'un autre côté, cela permet de se poser des questions de fond qui ne peuvent pas être négatives sur l'acquis et la compréhension des phénomènes physiques.»*



Cette nouvelle vigilance conduit certains à «*se méfier de la «simplicité» de certaines notions*», et à conclure que «*la difficulté n'est pas où on l'attend*», même si «*on croit connaître la physique*».

Elle s'accompagne parfois d'une note très positive : «*il n'y a pas de problème simple, tout problème mérite attention, il est toujours intéressant de le regarder sous un autre angle*». Ce dernier commentaire, d'ailleurs, n'est pas très éloigné de l'idée d'«éclairage».

Souvent enfin, il est question d'une compréhension «*clarifiée*» de certains thèmes spécifiés : loi des actions réciproques, algébrisation, électricité, optique, fonctions de plusieurs variables, flux d'énergie...

– **Pour la didactique** : les changements de points de vue déclarés à propos de la didactique – réponse «oui» parfois implicite, aucun stagiaire ne répond «non» ni ne s'abstient – s'accompagnent de l'idée d'ignorance initiale et de déstabilisation : «*je n'avais pas d'idée sur la didactique*», c'est «*un peu déstabilisant*». Mais la remise en cause prend souvent une tonalité positive, avec l'idée d'approfondissement et de mise en recherche : c'est «*l'art de poser les bonnes questions*» ; il s'agit «*d'approfondir les choses auxquelles on ne réfléchit pas habituellement*» ; «*pour comprendre les difficultés*», «*comprendre comment l'élève raisonne*» ; «*le mot didactique me faisait un peu peur, et maintenant me voilà complètement intéressée par cette recherche continue des méthodes d'enseignement et cette remise en cause quotidienne de l'enseignant*».

Les idées de remédiation et de choix pointent plus discrètement, ainsi : «*je ne pensais pas que la didactique de la physique puisse constituer une réflexion qui remette en cause si profondément les habitudes de raisonnement et de résolution d'exercices en apportant en même temps tant d'éléments nouveaux et très féconds dans l'analyse et la résolution des problèmes (exemples : mécanique, électricité, algèbre)*» ; «*pour que l'enseignant prenne lui-même conscience des problèmes. Après, c'est à lui de décider...*».

**4 – Avez-vous eu le sentiment d'apprendre de la physique au cours de cette formation ? Si oui, précisez sur quels points.**

Les réponses (8, 11) sont majoritairement positives (6, 8), elles comportent (2, 3) «non», sans commentaire. Les réponses positives comportent de nombreuses mentions (10, 9) de contenus concernant la physique, la mécanique, l'algébrisation, l'optique, la couleur, l'électricité, les fonctions de plusieurs variables... On y trouve ces commentaires moins spécifiques : «*apprendre à comprendre de la physique est à mon avis plus juste*», «*on a appris à être plus critique par rapport aux choses considérées soit comme évidentes, soit non dites ou non spécifiées*», «*les explications de solutions d'exercices : la réalité physique cachée derrière la formulation mathématique et surtout les questions physiques posées dans le prolongement des exercices*», «*certaines erreurs soulevées faisaient partie*

*de mes propres erreurs, pour d'autres, j'ai pu voir des difficultés que je n'avais pas forcément perçues et donner ainsi à la physique une autre ampleur dans mon esprit».*

## 4.2. Didactique, contenu, choix : d'une question à l'autre

On a noté, tout spécialement à propos de la dernière question analysée, la difficulté des stagiaires à s'exprimer très spécifiquement en réponse à la question posée. Dans une rubrique portant sur l'enseignement, des réponses s'expriment sur ce qu'est la physique, dans la rubrique «idée sur la physique» on trouve des commentaires sur la didactique et *vice versa*. Cette observation rejoint d'ailleurs celle de Robert (1996) qui observe qu'en mathématiques les formateurs ne voient plus la discipline elle-même qu'à travers son enseignement.

De même, en parlant des difficultés des élèves, sujet qu'ils jugent souhaitable de traiter en formation didactique, les stagiaires interrogés s'expriment abondamment sur leurs propres idées «*fausses ou demi-fausses*». On frise parfois la contradiction d'une question à l'autre : tel étudiant qui dit ne pas avoir appris de physique lors de la question correspondante suggère lors d'une autre, comme «*objectif souhaitable*», de montrer que «*même à notre niveau, de nombreuses questions ne sont pas, ou mal, assimilées*». Parmi d'autres qui répondent aussi ne pas avoir appris de physique, l'un (celui-là même qui parle des «*idées fausses ou demi-fausses...*») évoque à plusieurs reprises «*la profondeur*» des difficultés analysées, un autre convient qu'«*il faut faire attention aux choses simples*». Au passage, notons que ceci justifie *a posteriori* le choix méthodologique de questions à statuts divers dont les résultats sont susceptibles de se recouper.

Ce sont finalement dix stagiaires sur onze, chaque année, qui, lors d'une question ou d'une autre, expriment de façon nette l'impact de cette formation sur leur compréhension et/ou leur approche des sciences physiques.

Quant à l'idée de choix, elle est beaucoup moins présente dans leurs commentaires. À la suite de la première évaluation, cette idée a été accentuée par l'enseignant dans les années suivantes. En 1995, seuls quatre étudiants parlent de «*choix*», «*de trouver celle [la façon d'enseigner] qui nous permettra d'enseigner au mieux...*», de «*définition d'objectifs d'enseignement*», tandis que deux autres évoquaient la «*diversification des méthodes*» et l'existence de «*plusieurs voies*».

Pour terminer, notons la stabilité de pratiquement tous les résultats à quatre ans d'intervalle : seule cette notion de choix semble avoir légèrement progressé dans les commentaires finaux des stagiaires.

## 5. EN CONCLUSION : QUELQUES ÉLÉMENTS DE DISCUSSION

Nous voulions savoir quelles étaient les positions *a priori* des stagiaires sur la relation éventuelle entre réflexion didactique et réflexion sur le contenu disciplinaire, et comment celles-ci évoluaient lors d'une formation fondée sur une forte imbrication de ces deux composantes.

Il apparaît nettement que, partis d'une vision de la didactique très découplée du contenu (en ce sens qu'ils n'en attendaient rien pour leur propre formation sur ce plan), les stagiaires, à la fin d'une formation relativement courte, ont presque unanimement changé de point de vue à ce sujet.

Manifestement, ils ont largement pris conscience qu'ils partageaient certaines difficultés souvent abusivement désignées comme étant celles «des élèves». De ce point de vue, leur qualité d'enseignant diplômé ne leur apparaît plus comme synonyme de détenteur d'un savoir savant tout lisse.

Ils ont presque tous, plus ou moins explicitement, déclaré avoir bénéficié de clarifications sur le contenu de la physique, avec l'évocation fréquente d'une «*autre approche*», voire d'«*une autre ampleur*» dans leur compréhension de la physique.

C'est très clairement qu'ils associent la formation en didactique à cette prise de conscience et à cette meilleure maîtrise : pas un seul n'a suggéré qu'il avait l'impression d'avoir eu des cours de physique. Considérée à partir des principes d'élaboration de la séquence, l'alternative «former en didactique ou (disjonctif) former sur le contenu ?» n'était pas pertinente. Elle ne l'est pas non plus à travers les réponses des stagiaires en fin de formation, nos indicateurs à ce sujet restant stables sur une période de quatre ans. Une vision séparée des réflexions concernant respectivement contenu et méthodes n'est donc pas une fatalité : une formation courte a suffi à les associer dans l'esprit des stagiaires.

En revanche, ceux-ci éprouvent parfois une difficulté à situer précisément sur quel sujet – enseignement, physique ou didactique – leur vision des choses a évolué. Cet état de fait est instructif en lui-même. Il peut être interprété en partie comme une trace de ce que les stagiaires ont vécu au cours de cette formation : une remise en cause de leur vision du contenu, qui s'est effectuée de façon imbriquée avec leur formation didactique. La double démarche qui leur était proposée – cobaye et analyste – a sans doute favorisé un travail à large spectre, mais non la clarté de leurs réponses quant au terrain où elles se situaient. Entre l'«homologie» et la «transposition», pour reprendre les termes de Kuzniak (1994), les stagiaires ne s'y retrouvent pas vraiment.

De manière cohérente, on peut interpréter la progression relativement modérée de la notion de choix didactique dans les réponses par le fait que le rôle de cobaye l'a emporté, chez les stagiaires, sur celui d'analyste. Ayant beaucoup à faire et à vivre sur le terrain de leur propre compréhension de la physique, les stagiaires sont, en large proportion, restés marqués par leur évolution personnelle. Le risque est alors de basculer vers une adhésion totale à cette «*autre approche*» de la discipline dont ils soulignent les mérites, plutôt que d'en faire un élément d'enrichissement de leur réflexion, parmi d'autres. En effet, il n'est déjà pas simple d'admettre cette multiplicité d'éclairages possibles, préalable nécessaire, sans doute, à toute réflexion didactique sur l'enseignement d'un contenu donné. Une véritable distanciation, assurant la disponibilité des outils d'analyse et de décision issus de la didactique, ne saurait s'effectuer immédiatement, dans la foulée.

C'est une habitude de retour sur leur propre pratique, dans la durée, qu'il faut mettre en place pour aider les stagiaires dans ce sens.

Bien évidemment, une formation aussi courte, même complétée par l'important travail que représente le mémoire professionnel, lui aussi effectué en deuxième année d'IUFM, ne peut prétendre aboutir sur de nombreux objectifs à la fois. On ne peut qu'en souhaiter le prolongement, en particulier en formation continue. Mais sans doute la difficulté rencontrée ici doit-elle être attendue à tout niveau par la suite, lorsqu'il s'agit d'équilibrer, dans les aptitudes visées par une formation en didactique, la part de reproduction, fût-ce d'«*une autre approche*», et celle de *construction argumentée* d'enseignement.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARSAC G., CHEVALLARD Y, MARTINAND J.-L. & TIBERGHIE A. (Éds) (1994). *La transposition didactique à l'épreuve*. Grenoble, La Pensée Sauvage.
- BRICKHOUSE N. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, vol. 41, n° 3, pp. 53-62.
- CHAUVET F. (1993). Conception et premiers essais d'une séquence sur la couleur. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 750, pp 1-28.
- CHEVALLARD Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble, La Pensée Sauvage.
- CLOSSET J.-L. ( 1989). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, n° 716, pp. 931-950.
- DÉSAUTELS J., LAROCHELLE M., GAGNÉ B. & RUEL F. (1993). La formation à l'enseignement des sciences, le virage épistémologique. *Didaskalia*, n° 1, pp. 49-67.
- GINGRAS Y. (1994). Note de lecture sur : Robardet G. et Guillaud J.-C., 1993, Éléments d'épistémologie et de didactique des sciences physiques, IUFM de Grenoble. *Didaskalia*, n° 4, pp. 125-126.
- GALLAGHER J. (1991). Prospective and practising secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, vol. 75, n° 1, pp. 121-133.

- HOLT-REYNOLDS D. (1992). Personal history-based beliefs as relevant prior knowledge in course work. *American Educational Research Journal*, vol. 29, n° 2, pp. 325-349.
- JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1986). Is the systematisation of hypothetico-deductive reasoning possible in a class situation ? *International Journal of Science Education*, vol. 8, n° 4, pp. 381-388.
- KAMINSKI W. (1991). *Optique élémentaire en classe de quatrième : raisons et impact d'une maquette d'enseignement*. Thèse, Université Paris 7.
- KOULAIDIS V. & OGBORN J. (1995). Science teachers' philosophical assumptions : how well do we understand them ? *International Journal of Science Education*, vol. 17, n° 3, pp. 273-283.
- KUZNIAK A. (1994). *Étude des stratégies de formation en mathématiques utilisées par les formateurs des maîtres du premier degré*. Thèse de doctorat, Université Paris 7.
- LAKIN S. & WELLINGTON J. (1994). Who will teach the «nature of science» ? : teachers' views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, vol. 16, n° 2, pp. 175-190.
- LAROCHELLE M. ET DÉSAUTELS J. (1992). *Autour de l'idée de science, Itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*. Québec, Bruxelles, Presses de l'Université Laval et De Boeck-Wesmael.
- MILLAR R. (Éd.) (1989). *Doing Science. Images of science in science education*. Londres, Falmer Press.
- REBMANN G. & VIENNOT L. (1994). Teaching algebraic coding : stakes, difficulties and suggestions. *American Journal of Physics*, vol. 62, n° 8, pp. 723-727.
- ROBERT A. (1996). IUFM : réflexion sur la formation professionnelle initiale des professeurs de mathématiques de lycées et collèges. *Repères*, fascicule IREM de Paris n° 23, p. 94.
- VIENNOT L. (1992). Raisonement à plusieurs variables : tendances de la pensée communes. *Aster*, n° 14, pp. 127-141.
- VIENNOT L. (1985). *Mécanique et énergie pour débutants*. Diffusion LDPES, Université Paris 7.
- VIENNOT L. (1996). *Raisonnement en physique : la part du sens commun*. Louvain-la-Neuve, De Boeck-Wesmael.

## **ANNEXE : Exemples de réponses au questionnaire d'entrée de 1991**

### **Selon les maîtres en formation, quelles sont :**

- *les aptitudes souhaitables chez un enseignant,*
- *celles qu'une formation en didactique peut renforcer ?*

Tous les types de commentaires (c'est-à-dire ici d'unités de signification retenues) mentionnés par les stagiaires (N=11, 1991) figurent explicitement ici, le lecteur peut donc juger lui-même de la pertinence des regroupements effectués. Pour chaque catégorie, on annonce d'abord le nombre d'étudiants concernés, puis le nombre total de commentaires. On signale d'un astérisque ce qui se rapporte aux aptitudes pour lesquelles un apport est attendu d'une formation en didactique.

#### **– Mentions relatives aux connaissances de l'enseignant :**

**6 étudiants    7 items**  
**0\* étudiant    0\* item**

*«Maîtriser son cours», «dominer son sujet», «posséder un niveau de connaissances supérieur à celui enseigné», «bien posséder sa discipline», «savoir faire des calculs...», «maîtriser l'outil mathématique».*

#### **– Formulation très large et peu spécifiée relative à la transmission des connaissances**

**8 étudiants    11 items**  
**1\* étudiant    1\* item**

*«Être pédagogue», «être psychologue»\*, «aimer transmettre», «toujours s'assurer de la transmission et de l'assimilation du savoir».*

*«Savoir s'exprimer de façon claire et concise», «savoir être clair dans ses explications», «s'adresser de façon simple à son public», «savoir faire passer en les simplifiant tout en restant exact les parties les plus difficiles du programme».*

#### **– Prise en compte plus explicite des élèves tels qu'ils sont**

**8 étudiants    13 items**  
**3\* étudiants    3\* items**

*«Aimer les enfants», «savoir être à l'écoute des élèves, dialoguer», «être ouvert, réceptif», «connaître, respecter... son public».*

*«Toujours permettre à l'élève de poser une question en cas de non compréhension», «faire profiter les élèves des questions des autres»\*.*

«*Se mettre à leur niveau*», «*adapter ses connaissances au niveau des élèves*»\*, «*ne pas décourager les élèves...*».

– **Aspects pédagogiques classiquement valorisés : présentation, rythme, clarté, méthode, discipline**

**7 étudiants 18 items**

**2\* étudiants 2\* items**

«*Rester calme...*», «*être patient*», «*regarder les élèves en face*», «*s'adresser à toute la classe, interroger tout le monde*», «*bouger dans la classe*».

«*Bonne gestion du temps, éviter les questions qui éloignent du sujet*», «*régler un problème rapidement*», «*finir le programme*».

«*Tenir son tableau propre et l'ordonner de façon claire*», «*bonne gestion du tableau*».

«*Savoir leur faire prendre des notes*», «*leur fixer un objectif proche*»\*, «*donner des repères aux élèves*»\*.

«*Savoir faire tenir tranquille les classes réputées difficiles*», «*avoir de l'autorité*».

– **Aspect expérimental**

**6 étudiants 7 items**

**6\* étudiants 7\* items**

«*Vérifier le plus possible que l'expérience démonstrative donne des résultats satisfaisants : les sciences physiques sont une science expérimentale.*»\*

«*Savoir associer simplement l'expérience à la théorie et faire le cours construit sur l'expérience.*»\*

«*Savoir manipuler, faire des expériences.*»\*

«*Savoir mettre en place de belles expériences, spectaculaire mais que l'on peut expliquer au niveau de la classe.*»\*

– **Lien avec la vie (plus ou moins) courante**

**4 étudiants 5 items**

**2\* étudiants 3\* items**

«*Savoir répondre aux élèves avec des exemples pris dans la vie courante.*»

«*Savoir mettre en place de belles expériences (spectaculaires, mais qu'on peut expliquer au niveau de la classe).*»\*

*«Trouver des exemples (pour illustrer son cours) dans la vie quotidienne.»*

*«Cours comprenant le plus possibles d'exemples pratiques simples de la vie quotidienne.»\**

*«Tâcher de montrer l'utilité de la physique (éveiller la curiosité d'après la vie courante - mots magiques, supraconducteurs).»\**

**– Variété des activités**

**3 étudiants    3 items**  
**1\* étudiant    1\* item**

*«Varier les activités»\*, «diversifier son support de cours pour combattre la monotonie», «éviter la monotonie».*

**– Éveil de l'intérêt**

**5 étudiants    5 items**  
**2\* étudiants    2\* items**

*«Trouver des méthodes pour intéresser les élèves les moins motivés», «rendre sa matière plus attrayante», «faire aimer sa matière»\*, «tâcher de montrer l'utilité de la physique», «explication sur l'intérêt et l'importance d'un enseignement des sciences physiques dans l'enseignement secondaire»\*.*

**– Échanges entre collègues**

**1 étudiant    1 item**  
**0\* étudiant    0\* item**

*«Parler aux autres profs de la classe.»*

**– Plans de cours, «séquence-type»**

**0 étudiant    0 item**  
**2\* étudiants    2\* items**

*«Plans, techniques de progression», «comment aborder un cours pour que l'essentiel soit compris»\*.*

**– «Cours d'histoire de la physique et de la chimie»**

**0 étudiant    0 item**  
**1\* étudiant    1\* item**



## Affronter la complexité des situations d'apprentissage des mathématiques en classe. Défis et tentatives

Colette LABORDE

Laboratoire Leibniz-IMAG  
46, avenue Félix Viallet  
38000 Grenoble, France.

### Résumé

*Ce point de vue retrace l'évolution méthodologique des recherches en didactique des mathématiques dans leur étude de l'apprentissage de savoirs mathématiques en classe. Il veut montrer que la prise en compte de la complexité de la classe résulte de la conjonction d'intentions et de théorisations. Même si le bilan actuel est en demi-teintes (les réalisations n'ont pas toujours suivi les déclarations), la notion même d'apprentissage a évolué.*

**Mots clés :** *apprentissage, savoirs mathématiques, situations de classe, ingénierie didactique, analyse a priori.*

### Abstract

*This paper reports on the methodology used in studies on the learning of mathematics in the classroom. It attempts to describe how this methodology has evolved and how the complexity of class situations has been taken into account over time. As a result, the meaning of the notion of learning has been subject to change.*

**Key words :** *learning, mathematical knowledge, class situations, didactic engineering, a priori analysis.*

## **Resumen**

*Este punto de vista describe la evolución metodológica de las investigaciones en didáctica de las matemáticas relativas al estudio del aprendizaje de saberes matemáticos en clase. El mismo pretende mostrar que la toma en cuenta de la complejidad de la clase resulta de la conjunción de intenciones y de teorizaciones. Mismo si el resumen actual es un poco oscuro (las realizaciones no siempre han seguido las declaraciones), el significado de la noción de aprendizaje ha evolucionado.*

**Palabras claves :** *aprendizaje, saber matemático, situación de clase, ingeniería didáctica, análisis a priori.*

Dans ses jeunes années, alors qu'elle était en cours d'élaboration ou de gestation de cadres théoriques, la didactique des mathématiques en France avait besoin d'affirmer fortement les spécificités de ses objets d'étude, de ses problématiques et de ses méthodes, pour être reconnue comme un champ de recherche autonome. Les arguments mettaient en avant la prise en compte de deux éléments fondamentaux : les savoirs dont l'apprentissage est visé, la situation de classe dans laquelle se produisent ces apprentissages ou du moins, où se situe l'origine de ces apprentissages. Notre propos, à la demande du comité éditorial, est ici de cerner l'usage qui est fait des situations de classe dans ces recherches pour l'étude de l'apprentissage. Nous le ferons en reconstruisant l'histoire de la spirale (et non du cycle...) des défis et tentatives théoriques et méthodologiques de ces recherches. Nul doute que la nature spécifique des savoirs mathématiques a joué un rôle parfois décisif sur les orientations prises, mais certains des problèmes rencontrés transcendent le cas particulier des mathématiques.

## **1. AU COMMENCEMENT : LE SUJET EN SITUATION**

Les recherches en didactique des mathématiques ont été mues à leur début par deux motivations : mieux connaître le fonctionnement des élèves lorsqu'ils apprennent les mathématiques, mieux connaître les rapports entre enseignement et apprentissage en mathématiques. Ces motivations débouchaient sur le projet plus ambitieux de modéliser à la fois le fonctionnement des connaissances des élèves, et les processus didactiques à l'œuvre dans des situations, qu'elles soient organisées ou dites « naturelles ».

Si les recherches ont évidemment défini leur objet d'étude et donc la notion même d'apprentissage en interaction dialectique avec le cadre théorique élaboré pour l'appréhender, elles n'avaient pas cependant la prétention de partir de zéro. Comme le rappelle Brun (1994, p. 71), un point de départ commun aux recherches en didactique des mathématiques réside

«dans une prise de position constructiviste et interactionniste dans le sillage de l'épistémologie génétique», en intégrant les points de vue piagétien et vygostskien (en particulier, en ce qui concerne le point de vue interactionniste). Suivant un postulat sous-jacent à de nombreuses recherches en didactique, on considère généralement que c'est dans l'action en situation, dans une dialectique de déséquilibres et rééquilibrations que l'individu apprend. En mathématiques, l'action consiste principalement à résoudre un problème. Les problèmes jouent un rôle privilégié dans la genèse des connaissances, à la fois dans la construction sociale des savoirs au sein d'une communauté comme celle des mathématiciens professionnels et dans le développement de l'individu : «*la solution de problème*», comme l'affirme Vergnaud (1981, p. 220) est «*la source et le critère du savoir*». À partir de cette base commune, se sont développées des théories qui mettent l'accent sur des composantes différentes de l'apprentissage.

Les deux premières théories développées en France en didactique des mathématiques l'ont été autour de cet axe sujet-situation : il s'agit de la théorie des schèmes et champs conceptuels et de la théorie des situations. Une description actualisée de chacune en est donnée respectivement dans Vergnaud (1991) et dans Brousseau (1989). Elles ont donné lieu à de nombreuses recherches et résultats sur lesquels s'appuient les recherches actuelles. L'analyse de champs conceptuels comme ceux des structures additives ou multiplicatives (proportionnalité) a eu un impact international important. Un processus didactique comme celui des décimaux (Brousseau, 1980 et 1981) constitue une référence... Ces deux théories proposent des points de vue différents sur l'apprentissage, mais non sans lien. L'analyse de leur complémentarité et de leurs interrelations permet en fait de poser la question de la définition de l'objet d'étude dans une recherche sur l'apprentissage de notions mathématiques par un sujet, en l'occurrence un élève.

Un élément clé, commun aux deux théorisations citées plus haut, est la notion de situation appelant un certain fonctionnement des connaissances. «*On appelle champ conceptuel un ensemble de situations dont le traitement implique des schèmes, concepts et théorèmes, en étroite connexion, ainsi que des représentations langagières et symboliques susceptibles d'être utilisées pour les représenter*», écrit Vergnaud (1994, p. 65). Dans la théorie des situations, la situation est vue comme l'ensemble des interactions entre un sujet et un milieu. Dans la théorie des champs conceptuels, l'accent est mis sur les conceptualisations du sujet. La théorie des situations se démarque en soulignant le rôle crucial du milieu (milieu sur lequel l'élève agit, avec lequel il interagit et dont il reçoit des rétroactions) : «*concepts et théorèmes*» en jeu renvoient à des «*opérations de pensée mises en œuvre dans les schèmes de traitement utilisés par les élèves*» (Vergnaud, op. cit.), alors que dans la théorie des situations, les situations d'action, de formulation et de

validation se distinguent par une organisation différente du milieu (Brousseau, 1986), organisation qui appelle un fonctionnement de nature différente des connaissances.

Les objectifs poursuivis sont distincts dans les deux cadres théoriques : d'un côté il s'agit de saisir le développement des compétences d'un sujet en mathématiques, les conceptualisations de ce dernier sont alors au cœur de l'interrogation : «*C'est pourquoi aussi c'est un vrai travail du psychologue, du didacticien, de l'enseignant que de dénicher les conceptualisations sous-jacentes aux conduites des élèves, aux procédures qu'ils utilisent, à leurs erreurs.*» (Vergnaud, 1994, p.181) De l'autre côté, à l'origine de la théorie des situations, il s'agit d'étudier les conditions dans lesquelles les comportements ou appropriations peuvent apparaître ainsi que les rapports qu'entretiennent les conceptions mathématiques – dont ces comportements sont l'indice – avec certains caractères des situations qui les accompagnent (Brousseau, 1980, p. 11). La connaissance est ici considérée comme un moyen de contrôle de l'environnement, les apprentissages comme des changements dans les instances de contrôle de l'environnement (Brousseau & Centeno, 1991, p. 192).

Dans la pratique, de nombreux travaux de recherche en didactique des mathématiques ont oscillé entre ces deux pôles : le pôle des invariants construits par le sujet et attachés à des situations-problèmes, le pôle des invariants organisateurs d'un milieu susceptible de permettre des contrôles différents de la part du sujet. La proposition récente de Balacheff englobe les deux pôles en considérant la connaissance, non comme attachée au sujet ou au milieu, mais comme un état d'équilibre entre un sujet et un milieu (Balacheff, 1996).

## **2. DE L'USAGE DES SITUATIONS PROBLÈMES À CELUI DES INGÉNIERIES DIDACTIQUES**

Comme le résume Artigue (1984) dans le début de sa thèse, le sous-système savoir-élève a été largement étudié, dans les débuts de la recherche, par des travaux consistant à confronter les élèves à des tâches soigneusement conçues et à modéliser leurs procédures. En un mot, les premiers travaux ont défriché le champ encore trop inconnu des conceptions des élèves sur des notions mathématiques précises. Nul doute que ces travaux ont fourni des résultats, qui servent encore, sur les connaissances des élèves et les situations-problèmes. Ils ont mis en évidence des passages conceptuels difficiles, des variables dont le changement de valeur favorise des changements de procédure chez les élèves (appelées «*task variables*» par Lesh, 1985, et en France «*variables de commande*» ou «*variables*

*didactiques*» lorsqu'elles sont utilisées à des fins didactiques). On sait maintenant qu'il y a un apprentissage long et délicat pour passer d'un problème additif, dans lequel sont donnés l'état initial et la transformation additive et est à trouver l'état final (exemple : énoncé 1), à un problème dans lequel il faut trouver l'état initial, la transformation et l'état final étant donnés (exemple : énoncé 2) (Verгдаud, 1994, p. 73).

Énoncé 1 : «Pierre avait 6 francs dans son porte-monnaie. Sa grand-mère lui donne 10 francs. Combien a-t-il maintenant ?»

Énoncé 2 : «Pierre a 16 francs. Sa grand-mère vient de lui donner 10 francs. Combien avait-il avant ?»

On sait que la position relative de l'axe de symétrie et de la figure objet est une variable de tâche cruciale (Grenier, 1988) dans la tâche de construction du symétrique de cette figure par rapport à l'axe. Proportionnalité, limites, nombres réels, symétrie orthogonale, aire, tangente, pour n'en citer que quelques-unes, sont des notions qui ont donné lieu à de telles investigations. Soulignons que ce type de recherche ne s'est pas cantonné à la France mais s'est aussi largement développé à l'étranger, en particulier grâce au groupe international *Psychology of Mathematics Education* dont une synthèse des travaux est donnée dans Nesher et Kilpatrick (1990).

La méthode utilisée permet une étude de l'évolution des connaissances, que ce soit en prenant un échantillon contenant diverses classes d'âge, ou en analysant de façon fine les modifications des conduites des sujets en situation, modifications dues aux interactions avec le milieu ou avec des pairs (micro-genèse). Mais elle reste essentiellement de nature diagnostique et consiste à considérer les interactions élève-tâche en dehors du processus d'enseignement ou de façon quasi isolée des interactions avec l'enseignant et le groupe classe.

Pendant la théorie des situations avait déjà été exprimée sous ses premières formes dès la fin des années soixante ou le début des années soixante-dix (voir la synthèse historique de Perrin-Glorian, 1994) et était exemplifiée par la course à 20 (suite de situations à l'école primaire autour de la notion de division et de congruence modulo un entier, particulièrement représentative de la théorie des situations) ou le processus d'enseignement des décimaux (Brousseau, 1980 et 1981). C'est pourquoi, simultanément à ces études diagnostiques, certains travaux, vers la fin des années soixante-dix, étudient une évolution de connaissances sur un ensemble articulé de situations qui constituent un processus réalisé en classe avec des interventions de l'enseignant et des phases collectives gérées par ce dernier. Des exemples très représentatifs en sont les «*situations et processus didactiques sur les nombres rationnels positifs*» (Rouchier et al., 1980), «*l'expérience didactique sur le concept de volume*» (Verгдаud et al., 1983),

une suite ordonnée de situations mettant en jeu la notion de cercle (Artigue & Robinet, 1982). Nous avons repris à dessein les termes utilisés par les auteurs pour mettre en évidence le flottement du vocabulaire à cette époque, qui traduit à nos yeux le caractère transitoire de cette période. Il paraissait alors crucial aux didacticiens de ne pas se contenter d'affirmer la dimension de classe comme constitutive du champ de la didactique mais de s'y affronter courageusement...

Il s'agit à nos yeux d'une tentative de liaison entre une méthode inspirée de la théorie des champs conceptuels et celle des situations didactiques ; les situations ne sont pas qualifiées de didactiques mais de situations-problèmes (par exemple chez Rouchier et al., 1980 et Artigue & Robinet, 1982) et ce sont les conceptions des élèves qui sont visées par l'étude (Artigue & Robinet, 1982 ; Vergnaud et al., 1983). Le travail sur le concept de volume de Vergnaud et al. est à cet égard très éclairant car il constitue à lui seul un numéro entier (vol. 4, n° 1, 1983) de la revue «*Recherches en didactique des mathématiques*», qui joue le rôle d'organe de la communauté française de didactique des mathématiques. Or ce numéro est constitué de trois articles, le premier sur les conceptions et compétences des élèves des quatre classes du collège, confrontés à des tâches lors d'entretiens en dehors de la classe (Ricco et al., 1983), le deuxième sur une suite de situations didactiques réalisée en classe de cinquième et observée (Vergnaud et al., 1983), le troisième sur une comparaison entre un questionnaire posé aux élèves avant et après la séquence didactique (Rogalski et al., 1983). Dans l'introduction de ce numéro, Vergnaud (pp. 23-24) explicite une complémentarité entre la théorie des situations, celle de la complexité psycho-génétique et celle de l'analyse de la tâche. Mais ses arguments témoignent que l'objectif d'ensemble, qui préside aussi bien aux entretiens individuels qu'à la séquence didactique, consiste en l'étude de la genèse des connaissances, sur un temps long pour les entretiens, sur un temps court pour la séquence didactique :

*«Il existe un temps long de la psychogenèse, bien connu des psychologues, qui se mesure en années et qui permet d'établir des hiérarchies dans la complexité des problèmes et des concepts mathématiques. Il existe aussi un temps court de la psychogenèse, moins bien étudié que le premier et pourtant essentiel en didactique, qui concerne l'évolution des conceptions et des pratiques d'un sujet ou d'un groupe de sujets face à une situation nouvelle.»* (p. 24)

C'est à peu près de façon contemporaine à la parution de ces travaux sur le volume (c'est-à-dire au début des années 1980) que le terme d'ingénierie didactique est apparu dans les papiers et réunions internes à la communauté de recherche en didactique. À ce propos, nous renvoyons le lecteur à la synthèse écrite par Artigue pour l'école d'été de recherche en

didactique des mathématiques en 1989 et publiée en 1990. En effet, certains comme Chevallard (cité dans Artigue, 1990, p. 284) pressaient la communauté de rencontrer enfin l'objet complexe réel dont la théorisation importe : le système didactique dans son fonctionnement concret. Une méthode de recherche spécifique à la didactique trouve alors son nom officiel, elle se précise tout au long des années 1980, à la fois sur le plan de la théorisation, en particulier par les apports de Brousseau, et sur le plan expérimental. La période entre 1980 et 1990 constitue en effet le printemps des ingénieries didactiques.

### 3. L'INGÉNIERIE DIDACTIQUE : UNE MÉTHODE

Une description prosaïque, et à certains égards trompeuse, de la méthode d'ingénierie didactique consiste à la définir comme la suite de quatre phases : conception, réalisation, observation et analyse d'une séquence d'enseignement. Elle cesse d'être une innovation et prend le statut de méthode dès lors que la conception envisage un ensemble de scénarios possibles dépendant de variables globales ou locales, et que les valeurs de ces variables sont fixées par le chercheur en fonction des effets attendus sur les conduites des élèves et la gestion de la classe. La conception de l'ingénierie est indissociable de son analyse *a priori*<sup>1</sup>. Le ressort de la méthode tient à la confrontation entre l'analyse *a priori* et l'analyse *a posteriori* menée à partir des observations de la séquence d'enseignement réalisée. L'ingénierie didactique consiste à mettre à l'épreuve les liens que la théorie supposait entre enseignement et apprentissage par une **validation interne**. Il ne s'agit pas de comparer les conduites des partenaires et les événements à ceux d'une classe témoin<sup>2</sup>, mais de comparer les deux modélisations différentes du même objet (la séquence) que sont l'analyse *a priori* et l'analyse *a posteriori*. Car l'analyse *a posteriori* constitue bien une modélisation des observables et non une simple constatation, comme le souligne Margolinas (1992). En effet, l'analyse *a posteriori* pose le problème de la signification des actions observables relatives tant au maître qu'à l'élève : «*l'illusion physicaliste de la réduction*

1 L'analyse *a priori* qui revient à exprimer les choix de conception dans une rationalité issue d'un cadre théorique peut évidemment être raffinée après coup, c'est-à-dire après la réalisation de la séquence. Comme le dit Margolinas (1992), le terme *a priori* ne renvoie pas à une position temporelle mais à son indépendance des faits d'expérience : «*L'analyse a priori peut donc avoir lieu après l'observation ; elle perd son sens prédictif pour prendre un sens causal*» (p. 131).

2 Dans la présentation du prétest et du post-test à la séquence sur le volume citée plus haut (Vergnaud et al., 1983), les auteurs précisent ainsi (p. 130) que l'analyse du questionnaire ne constitue donc pas pour eux une évaluation de la séquence, dans la mesure où aucune comparaison avec une autre classe n'a été effectuée. Une validation interne ne constitue donc pas pour eux une évaluation.

de l'observation à l'adéquation avec une prévision a jusqu'ici empêché les chercheurs en didactique des mathématiques de s'engager dans la voie du travail théorique de l'analyse a posteriori et ces moyens n'existent pas à l'heure actuelle» (Margolinas, 1992, p. 132).

#### 4. LA PRATIQUE DE LA MÉTHODE

Entre 1980 et le début des années 1990, sont publiés des travaux de recherche fondés sur des séquences d'enseignement en classe (entre autres, Robert, 1983 ; Robinet, 1983 ; Douady, 1984 ; Brousseau, 1986 ; Bautier, 1988 ; Grenier, 1988 ; Vergnaud et al., 1988 ; Artigue, 1989 ; Douady & Perrin Glorian, 1989 ; Lemonidis, 1991 ; Parzysyz, 1991 ; Robert, 1992 ; Dorier et al., 1994). Certains déclarent explicitement et plus ou moins fortement mettre en œuvre des ingénieries (mais avec des variations : Artigue parle de *recherche* d'ingénierie, tandis que Robinet parle d'une *expérience* d'ingénierie), mais tous ne le font pas (ainsi Lemonidis qualifie-t-il d'*enseignement expérimental* la séquence d'enseignement, objet de son étude).

Mais quel que soit le nom donné à la séquence conçue et réalisée, de tous ces travaux émerge le souci d'explicitation des objectifs et des choix globaux et locaux *a priori* dans la conception de la séquence. Comme le souligne Artigue (1990, p. 291), la dimension épistémologique par l'analyse des contenus mathématiques engagés dans la séquence est fortement présente. La dimension cognitive l'est un peu moins. Certains travaux procèdent de façon fine à une analyse des conceptions préalables possibles des élèves engagés dans la séquence, soit de façon interne à l'aide des premières situations auxquelles sont confrontés les élèves dans la séquence, soit de façon externe par des recherches (pouvant être à grande échelle comme dans Grenier, 1988, et Parzysyz, 1991) fournissant des données sur ces conceptions possibles. D'autres travaux se contentent de faire référence à des résultats de recherche globaux sur le champ conceptuel concerné. La dimension didactique, surtout relative à des contrats locaux institués en classe, a fait, au cours du temps, son apparition dans l'explicitation *a priori* des choix.

La partie relative à l'analyse *a posteriori*, en revanche, est souvent plus languide. La validation interne, ressort de la méthode d'ingénierie comme dit plus haut, est souvent confondue avec ou intégrée dans la description de ce qui s'est passé, description que certains auteurs appellent *chronique commentée*. Il est davantage mis l'accent sur les conduites observées des élèves et de l'enseignant que sur le retour aux choix de conceptions et à l'analyse *a priori* : la mesure grossière avec une règle graduée toute simple des parts respectives consacrées, dans ces articles, à ces deux rubriques



est déjà éloquente ! L'auteur fournit au lecteur une narration commentée du déroulement, structurée par le temps (chronologique) ou par des thèmes d'analyse choisis par lui-même. Dans les deux cas, y compris dans le premier, le lecteur est astreint à chausser les lunettes de l'auteur, sauf à l'occasion de passages transcrits de la chronique, encore qu'ils ne permettent pas toujours à eux seuls de donner des moyens d'analyse critique au lecteur.

En général, la validation employée n'est finalement pas très différente de celle en vigueur avant l'institutionnalisation de la méthode d'ingénierie didactique. Elle porte sur les conduites et les productions des élèves, et relève d'un ou de plusieurs des procédés suivants :

– validations internes à la séquence

- description de l'élève «générique» de la classe ou des conduites et types de production majoritaires dans la classe, étude de leur évolution au cours de la séquence et vérification de l'adéquation à ce qui était attendu de la part des élèves,

- choix de situations particulières, jugées significatives de la séquence dans lesquelles les conduites et productions des élèves sont analysées (par exemple, dans Douady & Perrin-Glorian, 1989 ; Lemonidis, 1991 ; Parzys, 1991), parfois de façon fine (comme par exemple dans Robert et Tenaud, 1989, qui ont décrypté tous les échanges verbaux de groupes d'élèves travaillant ensemble à l'occasion d'un enseignement de géométrie en terminale C),

- suivi diachronique d'un ou de quelques élèves particuliers, parfois sur un temps long comme par Perrin-Glorian (1993) dans son travail sur les classes faibles ;

– validations externes à la séquence

- comparaison des productions d'élèves obtenues avant ou au début de la séquence et après la séquence par des entretiens et/ou questionnaires (Douady & Perrin-Glorian, 1989, ou dans la thèse récente de Moreira Baltar, 1996),

- comparaison des productions obtenues dans ou en dehors de la séquence avec des productions d'autres élèves : ainsi Douady et Perrin-Glorian (1989) comparent-ils les productions des élèves de leur séquence sur les aires avec les réponses au questionnaire proposé dans Rogalski (1983).

Ce qui nous paraît cependant différer de la période précédant l'officialisation de l'ingénierie est le souci d'analyser l'évolution des élèves par rapport à la globalité du processus, par rapport aux objectifs et choix explicites *a priori* et non plus seulement comme une micro-genèse.

Cela s'accompagne également d'une prise en compte plus grande du contrat didactique dans les analyses des interactions élève/situation. La situation est replacée dans son contexte institutionnel et social. Comme l'expriment clairement Tiberghien et Mégalakaki (1995) dans un autre domaine, à l'occasion d'une étude fine centrée sur les processus cognitifs des élèves lors de l'apprentissage du concept d'énergie en sciences physiques, la tâche ne prend sa signification que rapportée au processus didactique global.

## 5. QU'A APPORTÉ L'INGÉNIERIE DIDACTIQUE ?

Plus de dix ans après que l'appel à prendre à bras le corps l'objet complexe au cœur de la didactique qu'est la situation de classe, ait été suivi par certains, le point de vue que nous donnons serait par trop déformant si nous ne mentionnions pas les avancées théoriques que la méthode a permises. L'insuffisance de la théorisation du rôle de l'enseignant est apparue de façon criante, d'abord dans les phases d'institutionnalisation – où l'enseignant explicite les rapports que peuvent avoir les comportements ou productions libres de l'élève en situation adidactique avec le savoir culturel ou scientifique et avec le projet didactique (Brousseau, 1989, p. 88) –, puis dans celles de dévolution, où l'enseignant négocie l'entrée de l'élève dans le problème. Soulignons que l'analyse du rôle de l'enseignant ne concerne pas que l'enseignement mais bien aussi l'apprentissage, par les transformations de la signification des activités à réaliser par les élèves ou des actions effectuées qu'opèrent les interventions ou les explications de l'enseignant (voir plus bas la distinction entre savoir et connaissance).

L'application de la méthode d'ingénierie dans des conditions que nous pourrions qualifier d'extrêmes, s'est avérée aussi très fructueuse. De l'essai d'ingénieries dans des classes «faibles», Perrin-Glorian (1993) a ainsi mis en évidence la difficulté de la dévolution des situations adidactiques à ces élèves ainsi que la tension entre les parties adidactiques du processus et les phases d'institutionnalisation. Les élèves ne comprenaient pas le lien entre ce qu'ils avaient fait et ce qu'en disait l'enseignant. Si ces distorsions avec ce qui était attendu ont été perçues dans des cas extrêmes (ici les classes faibles), elles n'en sont pas moins intéressantes sur le plan général car elles projettent la lumière sur des aspects trop laissés dans l'obscurité. De la même façon, le déplacement des ingénieries vers des niveaux scolaires plus élevés (Dorier et al., 1994), en l'occurrence l'université, a permis de questionner l'émergence de connaissances en tant qu'outils de résolution de problèmes et de proposer une rationalisation d'un type différent pour l'émergence de concepts comme ceux de l'algèbre linéaire : plus qu'à leur efficacité dans la résolution d'une classe de problèmes, l'économie de ces

concepts tient à leur caractère généralisateur et unificateur d'un ensemble de classes de problèmes. Le changement radical de durée de l'ingénierie a été une autre variation qui a montré les difficultés de description et de validation. La conclusion de Robert (1992, p. 200) à la fin d'un article présentant un projet long d'enseignement (un an) en licence de mathématiques explicite, en les accusant, les points faibles des ingénieries : *«En ce qui concerne le projet particulier évoqué ici, les éléments de validation sont encore absents. Tout ce que nous pouvons rajouter a posteriori, c'est que l'expérience tient la route. Ceci dit, quelles que soient les réponses à nos évaluations, il nous sera difficile d'apprécier la part de nos choix vraiment «utiles» dans le dispositif et d'en dégager les conséquences, d'affirmer que ce sont des choix qui sont à l'œuvre de manière déterminante dans chaque ingénierie proposée, de vérifier que ce sont dans les réalisations correspondantes les mêmes choix ne sont pas dénaturés, de préciser ce qui est spécifique du public, ce qui est absolument incontournable et ce qu'on pourrait modifier encore.»*

Une autre mise à l'épreuve consiste à introduire l'ordinateur dans la classe. L'ordinateur s'est avéré révélateur de la nécessité d'institutionnaliser des connaissances à utiliser par les élèves qui ne sont pas enseignées car laissées à leur seule responsabilité. Ainsi, le déplacement d'un objet dans le logiciel Cabri-géomètre en tant qu'outil permettant d'invalider une construction géométrique, n'est-il pas reconnu par les élèves, dans la séquence de Bellemain & Capponi (1992), comme un moyen avouable (public) d'invalidation ; quelques années plus tard, il est manié avec précaution du bout des doigts par des futurs professeurs d'école (Rolet, 1996) dans une zone de taille réduite, ou par des élèves d'école primaire (CM2) dans l'ingénierie longue de H.C. Argaud (IUFM de Valence), répétée sur plusieurs années, ce qui a conduit l'enseignant à institutionnaliser ce déplacement. C'est en ré-analysant des ingénieries d'autres recherches, en particulier celle du triangle aplati (Arsac, 1989), que Berthelot et Salin (1992) ont mis en évidence la nécessité pour les élèves de savoir interpréter des relations spatiales comme des relations géométriques pour entrer dans l'apprentissage de la géométrie.

La relecture d'ingénieries existantes avec un œil théorique neuf est en effet particulièrement fructueuse, comme en témoigne la thèse de Margolinas (1989) à propos de l'analyse du milieu et des phases de validation. En cela, les descriptions, protocoles, vidéos et documentations diverses d'ingénieries, comme celles réalisées à Bordeaux autour de Brousseau, constituent certainement des sources très précieuses. Dans l'étude de la mémoire du système didactique, Brousseau et Centeno (1991) commencent par repérer les effets de présence ou d'absence de mémoire dans le processus didactique sur les décimaux.

## 6. SORTIR DE LA CLASSE POUR Y REVENIR

Conformément à ses affirmations de jeunesse sur le rôle central des savoirs et de la classe, rappelées au début de cet article, la recherche en didactique des mathématiques a construit des outils théoriques d'étude de l'apprentissage de savoirs mathématiques en classe. Les premières théorisations donnaient une place centrale aux interactions du sujet apprenant avec les mises en scène des savoirs (problèmes et milieu) en classe mais ni les savoirs, ni la classe n'étaient véritablement enjeux de la théorisation. La notion de transposition didactique suivie de la «*théorie anthropologique du didactique*» (Chevallard, 1992), explicitée publiquement pour la première fois par Chevallard en 1986 à l'occasion du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques, ont contribué à problématiser les savoirs. Les didacticiens ont été alors conduits à ré-interroger les ingénieries, en distinguant connaissances et savoirs, rapports personnels et institutionnels aux savoirs. La tension entre l'adidactique et le didactique, entre les connaissances contextualisées et les savoirs inscrits dans une institution, est ainsi relue par Rouchier (1996), Conne (1992), ou Brousseau et Centeno (1991) : «*Enseigner, c'est travailler le savoir pour induire dans un cadre institutionnel choisi un processus cognitif supportant l'apprentissage dont le produit sera en retour institué en savoir.*» (Conne, 1992) On est entré dans une phase de «*constructivisme didactique*» (Morf cité par Brun, 1995, p. 144) dans laquelle on cherche à ne pas «*confondre la genèse de l'activité rationnelle avec la genèse du sujet, à ne pas confondre les transformations de connaissances avec l'ontogenèse*». Le point de vue sur l'apprentissage s'est modifié.

La distinction introduite par Brousseau entre «*causes*» et «*raisons*» de l'apprentissage est un indice éloquent de cette évolution : l'élève qui a appris sous l'effet de «*causes*» dans l'action (en particulier dans les situations adidactiques) doit transformer cette connaissance en savoir, la placer par rapport à son propre système de savoirs et le système des savoirs institutionnalisés et culturels, se donnant ainsi des «*raisons*» de savoir. L'enseignant organise les causes, l'élève doit les interpréter en termes de raisons et transformer son histoire propre en genèse du savoir. «*En général il ne le peut pas. L'enseignant doit l'aider[...]*» (Brousseau & Centeno, 1991). Un pont est jeté dans la théorisation entre la dimension institutionnelle et la dimension cognitive de l'apprentissage.

Plus récemment, Chevallard (1994) au colloque des vingt ans de didactique des mathématiques en France, s'est attaqué au deuxième terme des affirmations de principe de la didactique des mathématiques. Rappelant l'importance de l'unité-classe dans les travaux des didacticiens, il a reproché aux didacticiens (p. 316) d'avoir pris la classe comme un donné, pour ainsi

dire de ne pas voir plus loin que le bout de la classe, et de ne pas avoir considéré la classe comme une institution possible parmi tant d'autres où apparaît une intention didactique.

Nous emparant des termes d'Hadrien dans une de ses lettres à Marc-Aurèle (Yourcenar, 1974), nous pourrions susurrer que la recherche en didactique «*n'est pas encore arrivée à l'âge où la vie est une défaite acceptée*». Mais l'existence de recherches en didactique comme celles sur les savoirs de techniciens en physique (Pateyron, 1995), sur les métiers du bâtiment (Bessot & Eberhard, 1995) ou sur la formation professionnelle des enseignants (Portugais, 1994 ; Robert, 1996...) nous en dispense.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARSAC G. (1989). La construction du concept de figure chez des élèves de 12 ans. In *Proceedings of the thirteenth conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Paris, GR Didactique et acquisition des connaissances scientifiques, pp. 85-92.
- ARTIGUE M. & ROBINET J. (1982). Conceptions du cercle chez des enfants de l'école élémentaire. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 3, n° 1, pp. 5-64.
- ARTIGUE M. (1984). *Contribution à l'étude de la reproductibilité des situations didactiques*. Thèse d'état, Université Paris 7.
- ARTIGUE M. (1989). Une recherche d'ingénierie didactique sur l'enseignement des équations différentielles en premier cycle universitaire. In *Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique IMAG-LSD* (année 1988-89). Grenoble, Université Joseph Fourier, pp. 183-209.
- ARTIGUE M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 9, n° 3, pp. 281-307.
- BALACHEFF N. (1996). Conception, propriété du système sujet/milieu. In M.-J. Perrin-Glorian et R. Noirfalise (Éds), *Actes de la VIII<sup>e</sup> École d'été de didactique des mathématiques*. Clermont-Ferrand, IREM de Clermont-Ferrand, pp. 215-229.
- BAUTIER T. (1988). Une modélisation didactique des activités d'enseignement des premières propriétés de la symétrie orthogonales. In *Séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique IMAG LSD*, n° 45. Grenoble, Université Joseph Fourier, pp. 183-227.
- BELLEMAIN F. & CAPPONI B. (1992). Spécificité de l'organisation d'une séquence d'enseignement lors de l'utilisation de l'ordinateur. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 23, n° 1, pp. 59-97.
- BERTHELOT R. & SALIN M.-H. (1992). *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire*. Thèse, Université de Bordeaux 1.
- BESSOT A. & EBERHARD M. (1995). *Différents types de savoirs et leur articulation*. Grenoble, La Pensée Sauvage, pp. 13-32.
- BROUSSEAU G. (1980). Problèmes de l'enseignement des décimaux. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 1, n° 1, pp. 11-59.
- BROUSSEAU G. (1981). Problèmes de didactique des décimaux. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 2, n° 1, pp. 37-127.

- BROUSSEAU G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 7, n° 2, pp. 33-115.
- BROUSSEAU G. & CENTENO J. (1991). Rôle de la mémoire didactique de l'enseignant. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 11, n° 2-3, pp. 167-210.
- BRUN J. (1994). Évolution des rapports entre la psychologie du développement cognitif et de la didactique des mathématiques. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Tavignot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. Grenoble, La Pensée Sauvage, pp. 67-83.
- BRUN J. (1995). Informations : Numéro thématique sur «constructivisme et éducation» de la Revue des Sciences de l'Éducation. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 15, n° 1, pp. 143-144.
- CHEVALLARD Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 12, n° 1, pp. 73-112.
- CHEVALLARD Y. (1994). Nouveaux objets, nouveaux problèmes en didactique des mathématiques. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Tavignot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. Grenoble, La Pensée Sauvage, pp. 313-320.
- CONNE F. (1992). Savoir et connaissance dans la perspective de la transposition didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 12, n° 2-3, pp. 221-270.
- DORIER J.-L., ROBERT A., ROBINET J. & ROGALSKI M. (1994). L'enseignement de l'algèbre linéaire en Deug première année. Essai d'évaluation d'une ingénierie longue et questions. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Tavignot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. Grenoble, La Pensée Sauvage, pp. 328-342.
- DOUADY R. (1984). *Jeux de cadre et dialectique outil objet*. Thèse d'état, Université Paris 7.
- DOUADY R. & PERRIN GLORIAN M.-J. (1989). Un processus d'apprentissage du concept d'aire de surface plane. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 20, n° 4, pp. 387-424.
- GRENIER D. (1988). *Construction et étude du fonctionnement d'un processus d'enseignement sur la symétrie orthogonale en sixième*. Thèse d'université, Grenoble, Université Joseph Fourier.
- LABORDE C. & VERGNAUD G. (1994). L'apprentissage et l'enseignement des mathématiques. In G. Vergnaud (Éd.), *Apprentissages et didactiques, où en est-on ?* Paris, Hachette Éducation, pp. 56-93.
- LEMONIDIS C. (1991). Analyse et réalisation d'une expérience d'enseignement de l'homothétie. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 11, n° 2-3, pp. 295-324.
- LESH R. (1985). Conceptual analyses of mathematical ideas and problem solving processes. In L. Streefland (Éd.), *Proceedings of the ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education*. Utrecht, Pays Bas, University of Utrecht, pp. 73-96.
- MARGOLINAS C. (1989). *Le point de vue de la validation : essai d'analyse et de synthèse en didactique des mathématiques*. Thèse d'université, Grenoble, Université Joseph Fourier.
- MARGOLINAS C. (1992). Éléments pour l'analyse du rôle du maître : les phases de conclusion. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 12, n° 1, pp. 113-158.
- MOREIRA-BALTAR P. (1996). *Enseignement et apprentissage de la notion d'aire de surfaces planes : une étude de l'acquisition des relations entre les longueurs et les aires au collège*. Thèse d'université, Grenoble, Université Joseph Fourier.
- NESHER P. & KILPATRICK J. (1990). *Mathematics and Cognition*. Cambridge University Press.
- PARZYSZ B. (1991). Espace, géométrie et dessin. Une ingénierie didactique pour l'apprentissage, l'enseignement et l'utilisation de la perspective parallèle au lycée. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 11, n° 2-3, pp. 211-239.

- PATEYRON B. (1995). *La notion de territoire. Analyse des savoirs mis en jeu au sein d'une activité de TP à caractère industriel. Différents types de savoirs et leur articulation.* Grenoble, La Pensée Sauvage, pp. 33-58.
- PERRIN-GLORIAN M.-J. (1993). Questions didactiques soulevées à partir de l'enseignement des mathématiques dans les classes faibles. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 13, n° 1-2, pp. 5-118.
- PERRIN-GLORIAN M.-J. (1994). Théorie des situations didactiques : naissance, développement, perspectives. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Tavnogot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France.* Grenoble, La Pensée Sauvage, pp. 97-147.
- PORTUGAIS J. (1994). De futurs instituteurs formés à la didactique des mathématiques ? Une étude de cas. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Tavnogot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France.* Grenoble, La Pensée Sauvage, pp. 283-290.
- RICCO G., VERGNAUD G & ROUCHIER A. (1983). Représentation du volume et arithmétisation-entretiens individuels avec des élèves de 11 à 15 ans. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 4, n° 1, pp. 27-69.
- ROBERT A. (1983) Convergence des suites numériques en DEUG. *Bulletin de l'APMEP*, n° 340, pp. 431-449.
- ROBERT A. & TENAUD I. (1989). Une expérience d'enseignement de la géométrie en Terminale C. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 9, n° 1, pp. 31-70.
- ROBERT A. (1992). Projets longs et ingénieries pour l'enseignement universitaire : questions de problématique et de méthodologie. Un exemple : un enseignement annuel de licence en formation continue. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 12, n° 2-3, pp. 181-220.
- ROBERT A. (1996). IUFM : réflexion sur la formation professionnelle initiale des professeurs de mathématiques des lycées et collèges. *Repères-IREM*, n° 23, pp. 83-108.
- ROBINET J. (1983). Une expérience d'ingénierie didactique sur la notion de limite de fonction. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 4, n° 3, pp. 223-292.
- ROGALSKI J. (1983). L'acquisition des notions relatives à la dimensionnalité des mesures spatiales (longueur surface). *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 3, n° 3, pp. 343-396.
- ROGALSKI J., SAMURÇAY R. & RICCO G. (1983). Analyse du prétest/post-test sur le volume. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 4, n° 1, pp. 121-132.
- ROLET C. (1996). *Dessin et figure en géométrie : analyse des conceptions de futurs enseignants dans le contexte Cabri-géomètre.* Thèse d'université, Université Lyon 1.
- ROUCHIER A. & al. (1980). Situations et processus didactiques dans l'étude des nombres rationnels positifs. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 1, n° 2, pp. 225-276.
- ROUCHIER A. (1996). Connaissances et savoirs dans le système didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 16, n° 2, pp. 177-196.
- TIBERGHIEAN A. & MEGALAKAKI O. (1995). Contribution to a characterization of a modelling activity case of a first qualitative approach of energy concept. *European Journal of Psychology of Education*, vol. X, n° 4, pp. 369-383.
- VERGNAUD G. (1981). Quelques orientations théoriques et méthodologiques des recherches françaises en didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 2, n° 2, pp. 215-231.
- VERGNAUD G., ROUCHIER A., DESMOULIERES S., LANDRÉ C., MARTHE P., RICCO G., SAMURÇAY R., ROGALSKI J. & VIALA A. (1983). Une expérience didactique sur le concept de volume en classe de cinquième (12 à 13 ans). *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 4, n° 1, pp. 121-132.

- VERGNAUD G., CORTES H. & FAVRE ARTIGUE P. (1988). Introduction de l'algèbre auprès des débutants faibles. Problèmes épistémologiques et didactiques. In G. Vergnaud, G. Brousseau et M. Hulin (Éds), *Didactique et acquisition des connaissances scientifiques*. Grenoble, La Pensée Sauvage.
- VERGNAUD G. (1991). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 10, n° 2-3, pp. 133-169.
- YOURCENAR M. (1974). *Mémoires d'Hadrien*. Paris, Gallimard. Première édition en 1958, Plon.



## Un dispositif didactique utilisant une approche conceptuelle en écologie, l'apprentissage par résolution de problèmes et le débat socio-cognitif à l'université

**Christian REYNAUD, Daniel FAVRE**

Laboratoire de Modélisation de la Relation Pédagogique (Équipe ERES)  
Université Montpellier II  
C.P. 089, Place Eugène Bataillon  
34095 Montpellier cedex 5, France.

### **Résumé**

*Le concept d'écosystèmes paraliques, développé par des chercheurs en écologie, permet d'appréhender d'une manière innovante le fonctionnement de divers milieux littoraux pour proposer des solutions à des problèmes concrets tels que la recherche de sites d'implantation de fermes d'élevage de poissons, la reconstitution de paléo-environnements ou encore la recherche de sites de forages pétrolifères. En collaboration avec ces chercheurs, nous avons élaboré un mode de présentation organisant les caractéristiques formelles de ce concept et faisant référence aux problèmes qu'il permet de résoudre. Le dispositif didactique qui est proposé introduit successivement cette approche originale du concept, la résolution de situations-problèmes et un débat entre les participants.*

**Mots clés :** *concept, écosystème paralique, attributs, débat socio-cognitif.*

## **Abstract**

*The paralic ecosystems concept, developed by researchers in ecology, provides an innovative way to understand the functioning of various littoral habitats in order to propose solutions to practical problems such as the research of setting up sites for fish farms, the reconstitution of paleo-environments or the research of drilling oil sites. In collaboration with those researchers, we have developed a way to present this concept that organizes its formal characteristics and makes reference to problems it is able to solve. This teaching experience introduces successively our approach of the concept, the resolution of «problems-situations» and a debate between participants.*

**Key words** : concept, paralic ecosystem, attribute, socio-cognitive debate.

## **Resumen**

*El concepto de ecosistemas paralicos, desarrollado por investigadores en ecología, permite aprehender de una manera innovadora el funcionamiento de diversos medios litorales para proponer soluciones a problemas concretos tales como la investigación de sitios de implantación de granjas de criaderos de pescados, la reconstitución de paleo-ambientes, o aún más la investigación de sitios de perforamiento petrolíferos. En colaboración con esos investigadores, se ha elaborado un modo de presentación organizando las características formales de ese concepto y haciéndose referencia a los problemas que el permite de resolver. El dispositivo didáctico que es propuesto introduce sucesivamente este método original del concepto, la resolución de situaciones-problemas y un debate entre los participantes.*

**Palabras claves** : concepto, ecosistema paralico, atributos, debate socio-cognitivo.

## **1. INTRODUCTION**

Le dispositif didactique exposé dans cet article constitue une mise en acte de propositions issues de travaux antérieurs concernant la formalisation et la communication d'un concept d'écologie marine (Reynaud et al., 1993, 1995, 1996a, 1996b). Avant de décrire ce dispositif, il paraît utile de rappeler brièvement le contexte théorique au sein duquel a été élaboré le concept dont nous voulons étudier l'appropriation par des étudiants.

L'écologie scientifique semble s'être progressivement dissociée de l'étude naturaliste, fondée sur l'observation des êtres vivants, en développant une écologie appliquée dans laquelle se confrontent la demande sociale, des situations d'expertise, et les problématiques théoriques (Deléage, 1991 ; Drouin, 1991). De cette confrontation peuvent naître des concepts

écologiques qui vont nourrir la recherche fondamentale, comme en témoigne l'œuvre de Möbius basée sur une analyse économique de l'exploitation des huîtres et qui va consacrer le concept de «biocénose» (*ibidem*).

De manière semblable, depuis le début des années 1980, Guelorget et Perthuisot (1983, 1992) ont introduit le «domaine paralique» en géologie et en écologie des milieux littoraux pour proposer une trame conceptuelle permettant d'unifier la compréhension du fonctionnement de cet espace. La possibilité de participer à la stabilisation sociale de recherches innovantes constituant une opportunité remarquable pour une étude didactique, nous l'avons saisie en collaborant avec les chercheurs concernés afin de formaliser un modèle didactique susceptible de **faciliter la communication et l'appropriation** de ce champ scientifique.

Dans les publications spécialisées, le qualificatif «paralique» se retrouvant associé aux termes de «milieux», «écosystèmes», «domaine», «environnements», et «bassins», nous avons considéré que ce qualificatif était le terme susceptible de véhiculer l'information relative aux travaux concernés. Nous reprendrons donc ces vocables dans ce texte en essayant de réserver l'expression **écosystème paralique** pour désigner la structure conceptuelle que nous avons formalisée dans le cadre de notre contribution à des colloques d'écologie des milieux littoraux (Reynaud et al., 1995, 1996a, 1996b).

Dans cette optique, une définition du concept a en effet été élaborée à partir des **attributs du concept**. Selon B.M. Barth, les attributs essentiels (par opposition aux attributs non essentiels qui peuvent caractériser un exemple particulier mais qui ne sont pas représentatifs de tous les exemples du concept) sont les qualités qui permettent de distinguer une catégorie d'objets, d'énoncer leurs caractéristiques communes afin de spécifier un concept (Barth, 1987, 1993). Appliqués au domaine paralique, six attributs permettent de différencier les écosystèmes appartenant à ce domaine des autres types de milieux (Reynaud et al., 1995). La présentation de ces attributs fait fonction de modèle original pouvant faciliter la communication, son efficacité a donc été testée dans le cadre didactique *sensu stricto*.

Dans ce cadre, l'objectif de communication est explicitement l'acquisition d'un savoir par les apprenants. Mais, si «*savoir*», *c'est d'abord être capable d'utiliser ce qu'on a appris, de le mobiliser pour résoudre un problème ou clarifier une situation*» (Giordan & De Vecchi, 1987, p. 5), l'enseignement ne devrait pas seulement transmettre un savoir en soi, il devrait aussi trouver un moyen de le présenter comme un système producteur de sens, efficace dans l'expérience de tout un chacun. Comme Brousseau l'a en effet montré pour l'apprentissage des mathématiques, nous pensons que c'est à travers des situations et des problèmes à résoudre qu'un concept acquiert du sens pour un individu (Brousseau, 1986). L'apprentissage par résolution de

problèmes (Problem Based Learning) semble alors donner des résultats probants pour répondre à ce projet de formation (Pochet, 1995).

Ces réflexions nous ont amenés à utiliser des rapports d'expertise afin d'en tirer des questions pour lesquelles le concept d'écosystèmes paraliques pourrait être un outil permettant d'exercer un rôle d'expert dans des situations concrètes. Ces **situations-problèmes** constituent, avec le modèle formalisé à partir des attributs du concept, les supports exploités dans notre proposition. L'exploitation de ces outils est associée à la mise en place d'une phase de **débat socio-cognitif** pour compléter le dispositif tel qu'il est présenté ici.

Après avoir résumé la problématique ayant guidé la conception du dispositif didactique, cet article expose les différentes étapes qui le constituent. L'accent sera mis d'une part sur le rôle joué par les situations-problèmes, qui permettront aussi d'évaluer l'appropriation du concept par des étudiants de licence de l'Université de Montpellier, et d'autre part sur les conditions d'existence d'un véritable débat entre étudiants qui vise à favoriser les déstabilisations cognitives et les transferts nécessaires à l'apprentissage.

## 2. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

Permettre aux étudiants d'élaborer des modèles s'appuyant sur leurs conceptions initiales mais intégrant des connaissances nouvelles constitue un des objectifs principaux d'un enseignement scientifique basé sur les apports de la recherche en didactique (Astolfi & Develay, 1989 ; De Vecchi & Giordan, 1989 ; Johsua & Dupin, 1993). Le but de cet article est de proposer un dispositif didactique en rupture avec la pratique d'enseignement traditionnelle.

L'hypothèse fondamentale de cette approche s'appuie sur la nécessité de varier les modes d'activité des étudiants dans des séquences intégrées à un dispositif didactique. Cette nécessité semble se manifester à partir des critiques émises contre des modèles d'enseignement «constructivistes» trop exclusifs (Astolfi & Peterfalvi, 1993 ; Johsua & Dupin, 1993). Ainsi le thème des conceptions dont disposent les apprenants au sujet des concepts scientifiques a conduit à des propositions didactiques qui se sont trop souvent limitées à leur «émergence» et leur «prise en compte» (Rumelhard, 1986 ; Giordan & De Vecchi, 1987 ; Clément, 1991). De même, la notion d'obstacle épistémologique (Bachelard, 1938) conduit généralement à l'élaboration de stratégies cherchant à faire «franchir» ces conceptions inadéquates. La notion d'objectif-obstacle, proposée par Martinand (1986), pose ainsi les «obstacles franchissables» comme objectifs essentiels d'un enseignement scientifique. Ce point de vue amène donc à favoriser des

situations didactiques ayant pour projet une transformation, une reconstruction des systèmes explicatifs utilisés par les apprenants.

Or, l'apprentissage ne se limite pas à une modification des conceptions, il suppose aussi des moments de progression par application à de nouvelles situations des concepts non directement remis en cause. Douady (1986) a particulièrement bien développé cette idée à travers la notion de «*dialectique outil-objet*». Un concept devrait ainsi être abordé alternativement comme un outil permettant de répondre à une certaine classe de problèmes, et aussi comme un objet pouvant être étudié pour lui-même. Néanmoins, cette étape de stabilisation des connaissances apprises ne devrait pas être trop contraignante afin de ne pas se constituer en obstacle lorsque éventuellement le concept acquis ne se révélera plus adéquat pour une nouvelle situation.

Par conséquent, nous avons tenté de proposer un dispositif articulant dans une même séance quelques principes issus des recherches en didactique. La logique de cette approche n'est pas directement centrée sur un obstacle à dépasser mais plutôt sur un objectif conceptuel. La suite des activités proposées nous semble toutefois mettre en œuvre des conditions favorisant la transformation des conceptions des étudiants dont l'analyse fera l'objet d'un autre article (Reynaud & Favre, à paraître).

### 3. DESCRIPTION DU DISPOSITIF DIDACTIQUE

Ce dispositif s'inscrit dans des séances expérimentales d'environ trois heures de travaux dirigés d'écologie, s'adressant à des étudiants de biologie niveau bac+3. L'enseignant introduit l'originalité de cette approche en précisant qu'elle est centrée sur un concept récent d'écologie marine. Il signale aussi que les applications portent sur des situations-problèmes issues d'études d'expertise sur ces milieux et pour lesquelles il est nécessaire de mobiliser et de maîtriser le concept.

Le concept, objet d'appropriation de cette séance, est abordé à partir de la diversité des écosystèmes littoraux tels qu'ils sont généralement décrits en écologie et en géologie (Reynaud et al., 1993). Selon les champs disciplinaires, trois types d'écosystèmes peuvent en effet être distingués :

- des zones de mélange des eaux marines avec les eaux d'origine continentale : les eaux saumâtres,
- des interfaces soumises alternativement à l'émersion puis à l'immersion par des eaux marines : les surfaces de balancement des marées, souvent appelées «estrans»,
- et des espaces rattachés au domaine continental mais pouvant être alimentés par la mer : les milieux évaporitiques (Guelorget & Perthuisot, 1983 ; Perthuisot & Guelorget, 1992).

Peu comparables à partir des connaissances antérieures, ces milieux vont être regroupés à travers un concept nouveau, qui s'avère ainsi créateur d'unité et de régularités. En effet, le concept d'écosystèmes paraliques rassemble ces différentes classes en leur donnant une structure et une organisation homogènes dont l'exemple type est la lagune (Reynaud et al., 1996a).

### **3.1. Une situation-problème pour faire émerger les conceptions**

Avant d'aller plus loin avec les étudiants, une situation-problème devrait permettre à chacun, en dix minutes, de faire individuellement le point de ses connaissances sur ces milieux à partir d'un problème concret.

La première situation proposée est celle de la lagune de Guemsah (voir document 1 en annexe). Un document rappelant la question posée à l'expert, l'énoncé de quelques données rapidement accessibles sur le terrain, et comportant un fond de carte, est accompagné d'un agrandissement de la carte sur une seconde feuille permettant de formuler une réponse. Ce premier exercice a aussi l'avantage d'encourager la mobilisation de conceptions préalables (Giordan & De Vecchi, 1987). Chacun a ainsi la possibilité d'estimer l'efficacité de ses systèmes explicatifs en matière de résolution de problème.

L'exposé qui suit cette première étape consiste à présenter, en une vingtaine de minutes, des exemples choisis pour leur représentativité des milieux pris en considération. Malgré la forme magistrale d'une telle présentation, l'enseignant peut laisser la place à des phases d'interactivité pendant l'exposé.

### **3.2. Contenu du premier exposé : sept exemples, un contre-exemple**

Après avoir rappelé que les espaces entre mer et continent ont longtemps été considérés comme des lieux de transition présentant un mélange des caractères des deux domaines, l'exemple de la lagune (*stricto sensu*) est représenté par le complexe palavasien (Guelorget & Perthuisot, 1983, figure 26)<sup>1</sup>. Une définition synthétique de la lagune est citée à cette occasion (Reynaud et al., 1993). Dans ces étangs, des mesures de biomasse et de production des populations benthiques et phytoplanctoniques permettent

1 Ce document est présenté sur transparent pendant la séance. De même que tous ceux qui ont déjà été publiés, il n'est pas reproduit ici mais la référence permet de le retrouver.

de mettre en évidence une variation continue de ces paramètres en fonction de l'éloignement de la communication avec la mer. Le long de cet axe se superposent les principales communautés identifiées dans le milieu (Guelorget & Michel, 1979 ; Guelorget & Perthuisot, 1983). Pour décrire cette organisation, l'écosystème peut être subdivisé en six zones pouvant être distinguées à partir des êtres vivants qui les caractérisent (Guelorget & Perthuisot, 1992, figure 9B)<sup>1</sup>.

Une zonation biologique similaire a été identifiée dans d'autres lagunes du pourtour méditerranéen (Guelorget & Perthuisot, 1983, 1992). La présence de certaines espèces dans les étangs palavasiens, présentant des salinités inférieures à celles de la mer, comme dans des lagunes sursalées, permet d'identifier des communautés pouvant servir à caractériser ces différentes zones indépendamment du gradient de salinité (*ibidem*). Si cette distribution n'est pas en relation directe avec la salinité, il semble par contre possible de la corrélérer avec l'intensité de l'influence de la mer, gradient désigné par le terme de «confinement» (*ibidem*). La répartition de ces associations spécifiques dans une lagune schématique peut être représentée sur une figure faisant apparaître la zonation avec deux pôles extrêmes selon le signe du gradient de salinité du milieu par rapport à la mer (Guelorget & Perthuisot, 1992, figure 9A, distribuée aux participants)<sup>1</sup>. Sur cette base, la zone 1 est considérée comme la continuation du domaine marin ; c'est à la limite de cette zone que l'on passe au domaine paralique (Guelorget & Perthuisot, 1983, 1992). La zone 2 se caractérise par la disparition des espèces strictement marines (souvent sténohalines : qui ne supportent pas les variations de salinité, par opposition aux euryhalines). L'oursin *Paracentrotus lividus* est une espèce caractéristique des zones 2 (*ibidem*). La disparition des échinodermes permet de caractériser le passage dans la zone 3, et la palourde, *Ruditapes decussatus* en est caractéristique. Un annélide polychète, *Glycera convoluta*, moins connu mais assez répandu, l'est également. C'est aussi dans cette zone que l'on rencontre les densités d'huîtres plates, *Ostrea edulis*, les plus importantes (*ibidem*). La zone 4 correspond à la présence d'espèces strictement paraliques, par exemple pour la faune la coque *Cerastoderma glaucum*, et pour la flore *Ruppia spiralis* (*ibidem*). La zone 5 s'identifie à l'apparition de nombreux détritivores tel *Sphaeroma hookeri* (crustacé isopode ressemblant au cloporte) et de gastéropodes brouteurs tels *Hydrobia acuta* (*ibidem*). Deux autres zones sont distinguées, mais désignées comme zone 6 car elles correspondent au passage à une véritable zone de transition soit vers l'évaporitique soit vers le dulçaquicole, mais dans les deux cas leurs substrats sont colonisés par des tapis cyanobactériens (*ibidem*).

Le même type de profil peut être obtenu à partir de l'étude de formation de type «bahira», dépressions d'origine continentale envahies par la mer lors de la transgression holocène (Perthuisot & Guelorget, 1992). C'est le

cas de l'étang de Thau dans notre région, ou du lac Melah en Algérie. Ces formations se distinguent des lagunes (*sensu stricto*) essentiellement par leurs profondeurs supérieures (Perthuisot & Guelorget, 1992, figure 4B)<sup>1</sup>.

La répartition par zones biologiques est cependant une représentation statique qui pourrait masquer la dynamique de ces milieux. L'organisation des milieux paraliques semble en effet pouvoir être corrélée au fonctionnement hydrologique de ces milieux (Perthuisot & Guelorget, 1992 ; Guelorget & Perthuisot, 1983). L'étude de la circulation des eaux dans le lac Melah permet ainsi de mettre en corrélation le fonctionnement hydrologique et la répartition des êtres vivants dans ce milieu, mais fait aussi apparaître une zone particulière où les eaux ayant séjourné dans le bassin forment un «ombilic» qui abrite de nombreux détritivores (Perthuisot & Guelorget, 1992, figure 9)<sup>1</sup>.

Lorsque la communication avec la mer est beaucoup plus large, comme dans le cas des estuaires, il existe généralement un «bouchon vaseux» mobile en fonction de la marée et du débit du fleuve, mais il ne semble pas possible d'identifier un seuil stable limitant le fond du bassin (Perthuisot & Guelorget, 1992). Ainsi, la bathymétrie ne permet pas de distinguer les limites du Limski Kanal du côté de la mer (*ibidem*, figure 1)<sup>1</sup>. La possibilité de reconnaître une zonation biologique devient beaucoup plus évidente (et plus connue) sur les zones de balancement des marées (zones d'estrans), pour lesquelles la variation continue de l'influence de la mer, le confinement ne s'expriment plus seulement selon un axe horizontal. Cette possibilité s'applique aussi aux types intermédiaires. L'organisation d'El Kantara est par exemple typique d'une formation «bahira-estran» (*ibidem*, figure 6)<sup>1</sup>.

L'application du schéma de l'organisation biologique des écosystèmes paraliques à différentes échelles permet d'exprimer les variations dans la composition des peuplements en termes de confinement et de rattacher ainsi de grands bassins au domaine paralique.

La mer Caspienne est un bassin complètement fermé, séparé de la mer mais présentant des teneurs en sels qui témoignent de l'existence d'une communication dans le passé (Guelorget & Perthuisot, 1983, figure 44)<sup>1</sup>. Les données biologiques, et notamment la présence d'espèces typiques du domaine paralique, permettent de retrouver l'organisation caractéristique de ces milieux (*ibidem*, figure 47)<sup>1</sup>. L'absence des zones I et II s'explique par l'ancienneté de la séparation avec la mer, mais ne permet pas de considérer ce milieu comme un écosystème paralique *sensu stricto*. L'exemple reste cependant intéressant car il représente de manière caricaturale l'évolution de ces milieux dont la dynamique à long terme conduit vers la continentalisation.



La mer Baltique peut, par contre, être considérée comme un véritable milieu paralique. Elle présente une modalité particulière d'expression du confinement lorsque certaines zones profondes sont relativement isolées des mouvements d'eau de surface : il est alors possible de parler d'un confinement bathymétrique (*ibidem*, figure 65)<sup>1</sup>.

Dans ces zones extrêmes en termes de confinement les sédiments sont, encore une fois, caractérisés par une grande richesse en matière organique. Si la matière organique semble être une composante importante des sédiments dans les milieux paraliques, d'où peut-elle provenir ?

L'activité biologique, très importante dans les écosystèmes paraliques, pourrait en être la source principale puisque les milieux paraliques peuvent être caractérisés par une production biologique bien supérieure à celle des autres écosystèmes de la biosphère (*ibidem*, figure 34)<sup>1</sup>.

Cette productivité considérable semble même pouvoir être corrélée aux ressources démersales (de la pêche en mer) : le niveau de capture de poissons et crustacés dans les zones littorales de la Méditerranée peut être mis en relation avec la proximité des milieux paraliques (*ibidem*, figure 36)<sup>1</sup>. Ainsi les zones côtières les plus riches bordent les côtes abritant des milieux paraliques importants et productifs. En revanche, les régions caractérisées par une faible productivité des pêches se distinguent aussi par l'absence de lagune côtière (Amanieu & Lasserre, 1981).

Cette richesse biologique des régions abritant des milieux paraliques semble pouvoir expliquer l'intérêt que leur ont porté les populations humaines au cours de l'histoire et leur mise en exploitation depuis très longtemps. Aujourd'hui, la compréhension de leur mode de fonctionnement permet d'envisager la gestion de leur productivité. Ainsi une application concrète concerne le développement de l'aquaculture dans les milieux paraliques : les différentes possibilités d'exploitation du milieu peuvent être aménagées en fonction des contraintes particulières de chacune (Dutrieux & Guelorget, 1988, figure 6)<sup>1</sup>.

### **3.3. Recherche par les étudiants : les points communs des milieux présentés**

À la suite de cet exposé, les participants disposent de cinq à dix minutes de réflexion pour rechercher, chacun pour soi, les points communs, les caractéristiques communes à tous les milieux présentés. Le produit de ces réflexions est ensuite proposé à l'ensemble du groupe tandis que l'animateur note toutes les propositions sur un tableau en veillant toutefois à faire expliciter certaines suggestions lorsqu'il juge qu'elles pourraient être

reformulées sous forme de plusieurs alternatives. «Bassin relativement isolé du domaine marin» peut être explicité et devenir par exemple «zone bien délimitée» et «milieu en relation avec le domaine marin». Il semble cependant préférable que toutes les propositions des participants soient prises en compte, même si celles-ci s'avèrent redondantes. Les occurrences faisant l'objet d'une discussion peuvent toutefois être distinguées (en les soulignant par exemple).

Bien que ce travail soit proposé à la fin de l'exposé, alors que Barth (1987, 1993) préconise une démarche simultanée, cet exercice reste relativement proche de la méthode proposée par cet auteur pour distinguer les attributs essentiels d'un concept.

Lorsque les participants ont énoncé toutes les caractéristiques qu'ils ont pu discerner, l'animateur présente les différents types d'attributs qui peuvent être distingués en rappelant la distinction entre «essentiels» et «non essentiels».

### **3.4. Deuxième exposé : les attributs du concept d'écosystèmes paraliques**

À ce stade, un deuxième exposé d'une vingtaine de minutes est proposé afin de commenter les attributs du concept qui ont été pris en compte pour en donner une formalisation sous forme d'un schéma (qui est distribué)<sup>2</sup>.

#### **3.4.1. Premier attribut essentiel : milieu aquatique éventuellement temporaire**

«Milieu aquatique» recouvre aussi les milieux pouvant être asséchés temporairement, mais retrouvant les caractéristiques de l'écosystème paralique lors de la remise en eaux.

Ainsi, on intègre dans ce concept des sebkhas côtières (cuvettes évaporitiques), les zones intertidales ou estrans, les marais salants (aménagement humains) et des marais temporaires littoraux.

#### **3.4.2. Deuxième attribut essentiel : en communication plus ou moins large et/ou périodique avec la mer**

La seule communication essentielle se fait dans le sens d'un apport d'éléments d'origine marine : les milieux évaporitiques, par exemple, n'ont généralement pas d'évacuation vers la mer.

<sup>2</sup> Pour retrouver ce schéma et les références aux travaux d'écologie qui ont servi de base à cette formalisation, voir Reynaud et al., 1995.

La communication avec la mer peut être très large, comme dans le cas des estuaires et des deltas, ou plus restreinte, par un canal à travers une barrière sédimentaire (grau des étangs du Languedoc-Roussillon).

### **3.4.3. Troisième attribut essentiel : réceptacle physiquement contrôlé**

Les milieux paraliques ont la capacité d'accumuler et de conserver (totalement ou en partie) les matériaux sédimentaires (d'origine minérale et/ou organique) ; ce sont des réceptacles toujours bien délimités par des barrières physiques (au sens large : géologique, physico-chimique, biologique).

Cela implique que l'on peut toujours tracer les limites d'un domaine paralique. La qualité des matériaux sédimentaires dépend toutefois de l'importance relative de l'influence de la mer et du continent ainsi que de l'activité du milieu lui-même (produisant des carbonates et la matière organique).

### **3.4.4. Quatrième attribut essentiel : écosystème à forte production biologique**

Une grande productivité des premiers niveaux trophiques (production bactérienne et primaire) est la base d'une forte production biologique. Comparativement, la production bactérienne peut être estimée entre 1 et  $10^4$   $\text{mg.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$  de carbone dans les milieux lagunaires, la production algale peut varier d'environ 50 à 5000  $\text{mg.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$  de carbone. La prolifération rapide des autotrophes (algues et cyanobactéries) et des décomposeurs (bactéries) en réponse aux variations de milieu (eutrophisation par exemple) témoigne ainsi d'une capacité de production très importante. Cependant, les milieux paraliques se caractérisent plutôt par une faible richesse spécifique compensée par une densité élevée des individus.

### **3.4.5. Cinquième attribut essentiel : milieu structuré et organisé sur le modèle du confinement**

La distribution des espèces dans le milieu paralique s'organise schématiquement selon la distance à la mer. Cette organisation est une expression du confinement, rendant compte de l'intensité de l'influence marine. Il est possible d'estimer une valeur globale du confinement pour un bassin paralique par le temps nécessaire au renouvellement complet des eaux paraliques. Mais, pour estimer sa valeur en un point donné du bassin, on peut utiliser une échelle qualitative se référant à la distribution des espèces de la macrofaune benthique dans le milieu. La zonation biologique

des espèces benthiques (macrofaune) permet ainsi de définir six degrés (ou zones) de confinement en ce qui concerne la portion du domaine paraliqque proche de la mer, mais elle ne rend pas compte des gradients de salinité.

#### **3.4.6. Sixième attribut essentiel : écosystème en dynamique continue**

Cette organisation de l'écosystème dépend d'une dynamique, d'abord structurelle et contrôlée essentiellement par l'hydrodynamique : les courants existants dans les bassins paraliqques influencent la répartition des divers organismes peuplant ces milieux. Ces courants pouvant être régis par divers facteurs (tels la forme du bassin, le sens et l'intensité de la communication avec la mer, le vent dominant, les différences de densité de la masse d'eau...) ; ils sont souvent très variables et les divers gradients existant dans le milieu subissent les conséquences de cette variabilité. Toutefois, l'activité des autotrophes et des décomposeurs permet d'assurer l'équilibre écologique du milieu. En effet, on considère généralement que les crises dystrophiques (malaïques), touchant les zones les plus confinées et entraînant une minéralisation massive de la matière organique excédentaire, rétablissent rapidement les conditions d'équilibre. Ce type de régulation engendre cependant une dynamique évolutive à long terme : étant des lieux de sédimentation rapide et importante, les écosystèmes paraliqques sont appelés à évoluer, souvent dans le sens d'un comblement.

Il importe de souligner que ces six attributs doivent être reliés par la conjonction "et" pour rappeler qu'ils sont tous nécessaires et que l'ensemble suffit à la définition du concept. Si, pour un milieu donné il manque un attribut, l'écosystème ne pourra pas être qualifié de paraliqque (selon cette définition).

### **3.5. Résolution collective du problème de Guemsah**

En reprenant le problème proposé en début de séance (document 1), l'animateur montre comment la formalisation des attributs permet d'avancer une réponse. Ainsi, la lagune de Guemsah est un milieu aquatique (attribut n°1), bassin bien délimité (attribut n°3). L'organisation des espèces (attribut n°5) visible sur les côtés de la passe permet de penser qu'une entrée d'eaux marines (attribut n°2) se fait par un côté de la passe (celui où l'on trouve les espèces d'origine marine), l'autre côté permettant l'évacuation des eaux ayant séjourné dans la lagune. Le sens de circulation des courants étant ainsi inféré (attribut n°6), l'eau nécessaire à la station d'aquaculture peut être prélevée à l'entrée des courants où elle ne sera pas chargée de la matière organique produite dans le milieu (attribut n°4).

### 3.6. «Débat socio-cognitif» autour de la situation-problème de l'étang du Prévost

Partant des suggestions de Doise et Mugny (1981), les phases de débat sont mises en place afin de développer une communication au sein du groupe («*interaction sociale*») favorable à l'élaboration de nouvelles connaissances («*restructuration cognitive*»); ce que ces auteurs nomment «*le conflit socio-cognitif*». Pour introduire la démarche qui est utilisée, l'animateur aborde rapidement des exemples historiques de notions scientifiques ayant fait l'objet de longues controverses (le système héliocentrique de Copernic, la circulation sanguine de Harvey), en liant l'ampleur de la durée du débat à la difficulté que les chercheurs peuvent avoir à communiquer leurs points de vue respectifs et à s'enrichir de celui des autres. Il propose alors aux participants d'expérimenter, sur la base d'un problème qui leur est proposé, un «**débat**» avec trois règles pour catalyser l'évolution des représentations (Favre & Favre, 1996). Pour cela il demande que chacun tente, tout d'abord, de se forger une opinion personnelle sur la réponse à donner à ce problème. Pour satisfaire aux propositions de Doise et Mugny (1981), les participants doivent exprimer des opinions divergentes. Nous avons donc pris soin de choisir un problème qui admette un nombre de solutions limité et pour lequel nous avons testé au préalable les potentialités à induire des avis variés. Les participants sont donc invités à réfléchir sur la situation-problème de Palavas (document 2, en annexe). Un premier sondage (dont les résultats sont collectés sur un tableau) permet après cela de se rendre compte de la diversité des avis en présence.

L'animateur invite ensuite l'assistance à considérer que «chacun a de bonnes raisons de penser ce qu'il pense» – «bonnes» signifiant «intrasubjectivement valables» (postulat de cohérence constituant la première règle) –, et que ses arguments méritent d'être exposés à l'assistance (deuxième règle). Mais, pour être sûr que les arguments invoqués pour défendre une opinion sont bien compris par les «opposants», une personne ayant un avis différent est incitée à reformuler le développement de la thèse adverse (troisième règle). La qualité de la reformulation est soumise à l'appréciation de l'énonciateur qui peut éventuellement préciser les points n'ayant pas été repris ou choisir d'accorder *quibus*. Cette exigence de reformulation a pour objectif de signifier à l'«opposant» que ces arguments ont bien été entendus et assimilés, mais elle a aussi pour effet de permettre à chaque parti de s'appropriier les arguments adverses. La première position exposée est celle rassemblant le moins d'adeptes. Ceci se justifie par le fait que si les partisans de la solution la plus plébiscitée s'expriment les premiers, ils ont toutes les chances de rallier rapidement leurs opposants au nom d'un certain conformisme. Les minorités sont d'ailleurs encouragées

par des commentaires tels que : «*N'oubliez pas que Galilée était seul en son temps pour affirmer que la terre tourne autour du soleil !*»

Lorsque toutes les solutions ont été justifiées par leurs défenseurs et qu'aucun participant ne souhaite compléter l'une des argumentations, il est possible de refaire le point sur les positions respectives des participants car certains d'entre eux ont pu modifier leur opinion. Une position intermédiaire (appelée «floue») peut même être proposée à ceux qui n'arrivent plus à choisir une solution qui leur donne satisfaction. Quand il existe des individus ayant modifié leur opinion de départ, il est alors intéressant de leur demander d'explicitier les «bonnes» raisons de leur changement de position en insistant notamment pour qu'ils recherchent l'argument décisif dans cette rectification. Ceci permet en effet de susciter une réflexion sur le poids accordé à un argument particulier. À ce stade toutes les objections peuvent être avancées pour enrichir la discussion. L'animateur du débat peut cependant demander la reformulation d'un raisonnement par une tierce personne s'il la juge nécessaire pour sortir d'une impasse qui résulterait d'une «incommunication».

Le débat se termine lorsque les controverses ne sont plus alimentées par des discussions critiques ; en théorie, cette situation se présente à l'instant où une des réponses proposées au problème est devenue évidente pour tout le monde. L'expérience montre qu'il faut prévoir plus d'une heure pour atteindre ce stade.

### **3.7. Des situations-problèmes pour faire le point : Karavasta et Monastir**

L'objectif du dispositif étant l'acquisition de capacités à résoudre le type de question posée à des experts des milieux paraliques, les connaissances mobilisées au cours de la séance doivent pouvoir être maîtrisées dans des contextes différents de ceux déjà abordés. Pour terminer la séquence, deux autres situations-problèmes sont donc proposées aux participants afin qu'ils puissent mettre à l'épreuve les capacités qu'ils ont pu acquérir grâce au dispositif mis en œuvre.

La situation-problème de Karavasta (document 3) peut sembler assez simple puisqu'il s'agit d'une lagune typique. Il faut pourtant remarquer le bassin en formation à l'avant de la lagune actuelle.

La situation-problème de Monastir (document 4) semble moins évidente à appréhender car, pour comprendre son intérêt, il faut faire l'hypothèse de l'existence d'un haut fond qui limite la baie au large et dont l'île de Dzira est la partie terminale émergente, fermant ainsi un bassin de type paralique.

## 4. CONCLUSION

Lors de travaux précédents, nous avons proposé une approche et une formalisation originale du concept d'écosystèmes paraliques en collaboration avec les chercheurs l'ayant développé dans le champ de l'écologie marine (Reynaud et al., 1995, 1996b). L'objectif de cette approche étant d'améliorer la communication du concept, nous avons voulu tester l'efficacité de notre "modèle" dans le cadre didactique en construisant un dispositif susceptible de répondre à cette attente.

Une évaluation de ce dispositif a été conduite auprès de cinq échantillons d'étudiants de l'Université Montpellier II, chaque séance nous ayant permis de perfectionner le dispositif jusqu'à la forme finale qui vient d'être présentée. Dans un article complémentaire à celui-ci, nous avons mesuré le nombre de «réponses attendues» aux situations-problèmes en fonction d'une part de la progression de l'étudiant à l'intérieur du dispositif didactique, et d'autre part des perfectionnements que nous avons apportés (Reynaud & Favre, à paraître).

Si les résultats de cette évaluation montrent que notre approche a contribué avantageusement à l'acquisition de ce concept d'écologie, ne pourrait-elle pas être utilisée pour d'autres concepts de biologie ou pour des concepts d'autres disciplines ?

L'écologie semble donner dans cet exemple un cas particulier de liaison directe entre les connaissances issues de la recherche et la résolution de problèmes pratiques. L'émergence d'un concept répond alors à l'identification d'une classe de problèmes particuliers. Lorsqu'il s'agit d'enseigner, l'existence de cette liaison permet de légitimer une pédagogie s'appuyant sur la résolution de problèmes pratiques. Une telle pédagogie fondée sur «l'apprentissage par résolution de problèmes» (Problem Based Learning) a ainsi trouvé un espace d'application privilégié dans l'enseignement de la pratique clinique en médecine (Pochet, 1995).

Installé au cœur de notre dispositif, l'apprentissage par résolution de problèmes proposé aux participants exploite donc des outils théoriques, mais il s'applique à des situations réelles. Ce dispositif a pour objectif de donner aux apprenants la capacité à mobiliser des concepts scientifiques pour résoudre des problèmes d'aménagement des milieux littoraux. Une telle approche place, selon nous, les apprenants en situation de construction de concepts par une activité de transformation réelle de leurs conceptions s'exprimant à travers le développement d'une capacité à résoudre de nouveaux problèmes.

Cette démarche pourrait-elle être élargie à l'enseignement de la biologie ? L'objectif de cet enseignement deviendrait alors le développement de capacités d'expert du type : reconnaître et comprendre le fonctionnement d'un système biologique.

Les enseignements de biologie traditionnels présentent un savoir permettant de développer ce type de capacités de traitement de l'information, mais en laissant souvent le développement de cette capacité à la charge des étudiants. À ce sujet, Darley (1994) signale que sur 64 protocoles de travaux pratiques de biologie, seulement deux proposent une problématique aux étudiants de DEUG. En négligeant de donner l'occasion aux étudiants de travailler sur des situations-problèmes diversifiées et de mettre leur compréhension à l'épreuve du débat avec des pairs, ainsi qu'en favorisant les activités de mémorisation par des évaluations se limitant à la capacité de restitution des savoirs, les enseignements traditionnels de biologie pourraient échouer dans leur intention de transmettre des concepts en ne préparant pas suffisamment les étudiants à mobiliser les informations qu'ils ont "appries".

En favorisant, par contre, l'intervention de tous les participants, en autorisant l'erreur et l'innovation lors de périodes de déstabilisation cognitive (identifiée par la position «floue» dans le débat socio-cognitif), notre approche devrait permettre d'acquérir des compétences sociales indispensables à un fonctionnement autonome des citoyens face au développement scientifique et technique de notre société. Être autonome face à ce développement exige en effet de pouvoir faire évoluer ses conceptions et donc de pouvoir supporter leur déstabilisation sans trop de malaise. L'habitude qui serait prise en étant acteur à l'intérieur de véritables débats socio-cognitifs aurait pour effet de préparer à rencontrer avec intérêt ces moments de déstabilisation plutôt que de les redouter ou même de les éviter.

## BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P. & DEVELAY M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris, PUF.
- ASTOLFI J.-P. & PETERFALVI B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, n° 16, pp. 103-141.
- AMANIEU M. & LASSERE G. (1981). Niveaux de production des lagunes littorales méditerranéennes et contribution des lagunes à l'enrichissement des pêches démersales. *Études et Revues CGPM*, n° 58, pp. 81-94.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin.
- BARTH B.M. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris, Retz.
- BARTH B.M. (1993). *Le savoir en construction*. Paris, Retz.
- BROUSSEAU G. (1986). Quelques concepts fondamentaux en didactique des mathématiques. *E.P.S. Contenus et didactique*, pp. 269-277.



- CLÉMENT P. (1991). Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, n° 13, pp. 133-156.
- DARLEY B. (1994). *L'enseignement de la démarche scientifique dans les travaux pratiques de biologie à l'université*. Thèse, Université Joseph Fourier-Grenoble 1.
- DELÉAGE J.-P. (1991). *Histoire de l'écologie*. Paris, La Découverte.
- DE VECCHI G. & GIORDAN A. (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ?* Nice, Z'éditions.
- DOISE W. & MUGNY G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris, InterEditions.
- DOUADY R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 7, n° 2, pp. 5-31.
- DROUIN J.-M. (1991). *L'écologie et son histoire*. Paris, Flammarion (réédition 1993).
- DUTRIEUX E. & GUELORGET O. (1988). Ecological planning : A possible method for the choice of aquacultural sites. *Ocean & Shoreline Management*, n° 11, pp. 427-447.
- GIORDAN A. & DE VECCHI G. (1987). *Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Paris, Delachaux et Niestlé.
- GUELORGET O. & MICHEL P. (1979). Les peuplements benthiques d'un étang littoral languedocien - l'étang du Prévost (Hérault). *Téthys*, vol. 9, n° 1, pp. 49-77.
- GUELORGET O. & PERTHUISOT J.-P. (1983). *Le domaine paralique - Expressions géologique, biologiques et économiques du confinement*. Paris, Presse École Normale Supérieure (16).
- GUELORGET O. & PERTHUISOT J.-P. (1992). Parallic ecosystems - Biological organization and functioning. *Vie Milieu*, vol. 42, n° 2, pp. 215-251.
- JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF.
- MARTINAND J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne, Peter Lang.
- PERTHUISOT J.-P., & GUELORGET O. (1982). Le domaine paralique : dynamique biologique et sédimentaire. In *XXI<sup>e</sup> Congrès International de Sédimentologie de Hamilton* (Abstracts), p. 26.
- PERTHUISOT J.-P. & GUELORGET O. (1992). Morphologie, organisation hydrologique, hydrochimie et sédimentologie des bassins paraliques. *Vie Milieu*, vol. 42, n° 2, pp. 93-109.
- POCHET B. (1995). Le «Problem-Based Learning», une révolution ou un progrès attendu ? *Revue Française de Pédagogie*, n° 111, pp. 95-107.
- REYNAUD C., GUELORGET O., RIEUCAU J. & FAVRE D. (1993). Approche didactique des représentations du concept de Lagune. In *Actes du colloque «Okeanos 93 : Le système littoral méditerranéen, connaissance, gestion, protection»*. Montpellier, pp. 214-216.
- REYNAUD C., GUELORGET O. & FAVRE D. (1995). Didactic approach of the parallic ecosystem concept. In *Actes du colloque «Baltic sea and Mediterranean sea – A comparative ecological approach of coastal environments and parallic ecosystems»*. Montpellier, pp. 14-26.
- REYNAUD C., GUELORGET O. & FAVRE D. (1996a). Contribution didactique à la modélisation du concept de milieu paralique et application à l'étude des conceptions des élus locaux. *Journal de Recherche Océanographique*, vol. 20, n° 1-2, pp. 65-74.
- REYNAUD C., GUELORGET O. & FAVRE D. (1996b). A model for scientific communication of the parallic ecosystem concept – A pretext for discussing development of scientific knowledge in the research field. In A. Giordan & Y. Girault (Éds), *The new learning models – Their consequences for the teaching of biology, health and environment*. Nice, Z'editions, pp. 155-166.

REYNAUD C. & FAVRE D. (à paraître). Évaluation d'un dispositif didactique innovant pour l'enseignement d'un concept d'écologie marine à l'université.

RUMELHARD G. (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne, Peter Lang.

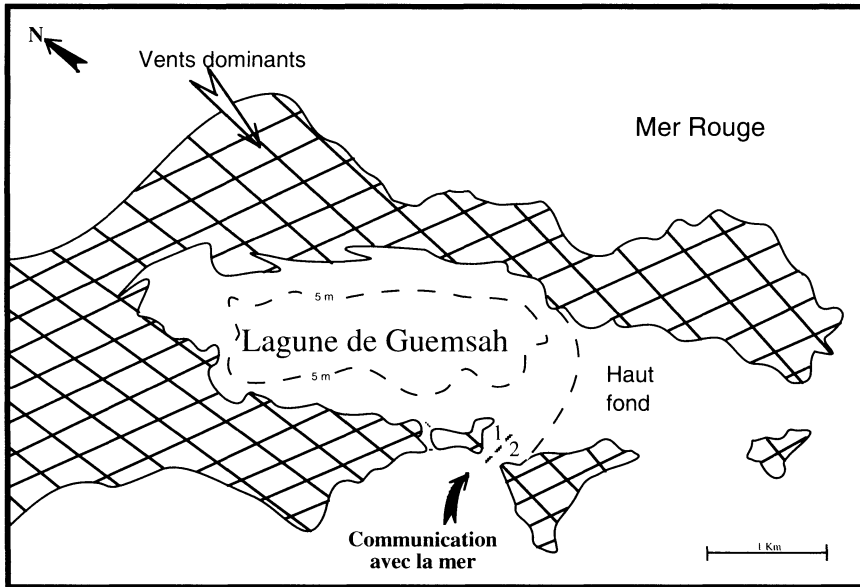
## ANNEXE : Documents

### Document 1

**Question posée à l'expert :** Où prélever, dans la lagune de Guemsah, l'eau la mieux adaptée à l'alimentation d'une station d'aquaculture intensive de poissons (recherche de l'eau la moins chargée possible en matière organique) ?

### *Données de départ*

- Localisation de la lagune de Guemsah : Mer Rouge, Égypte, latitude 27°5 N.
- La disponibilité des autres moyens nécessaires à l'installation de la station ne pose pas de problème.
- Présence d'un haut fond limitant la lagune au Sud.
- La lagune est en communication avec la mer par une passe principale située au sud/sud-ouest (voir carte).
- Organisation biologique qualitative visible dans la passe :
  - d'un côté (indiqué sur la carte : 1) : nombreuses espèces marines (oursins, astérides...),
  - de l'autre côté (indiqué sur la carte : 2) : tapis cyanobactérien, peu d'espèces.
- Direction des vents dominants connue (N-NE).



### Exercice

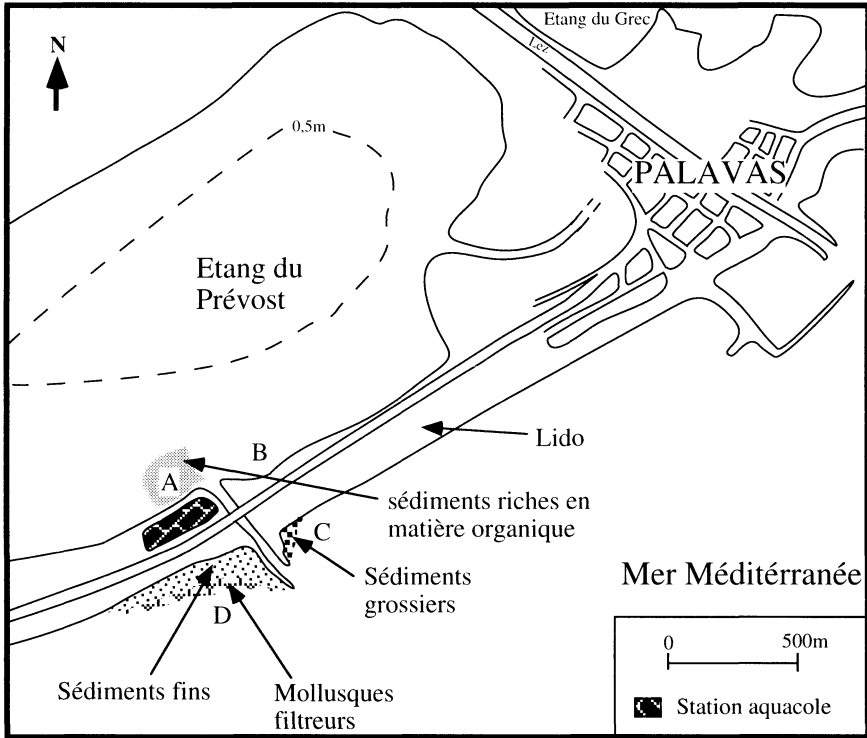
- Indiquer par une surface hachurée en rouge sur la carte, la zone dans laquelle vous proposeriez d'installer la prise d'eau dans la lagune.
- Justifiez votre réponse en trois phrases maximum (au dos du document).

## Document 2

**Question posée à l'expert :** Où prélever l'eau la mieux adaptée à l'alimentation d'une station d'aquaculture intensive de poissons (Loups et Dorades) installée sur un lido ?

### **Données de départ**

- Situation géographique : Méditerranée, France, latitude : 43° 7 N.
- Description du site : près de la ville de Palavas, sur le lido séparant l'étang du Prévost de la mer, a été installée une station d'aquaculture intensive expérimentale.
- L'eau prélevée devra alimenter des bassins de taille réduite dans lesquels la forte densité de poissons implique une consommation d'oxygène importante et engendre une production importante de déchets organiques.
- Observation : la zone de l'étang en face de la station (A) présente des dépôts riches en matière organique. À l'opposé par rapport au grau (B), les substrats durs sont colonisés par des huîtres sauvages. À l'Est de la jetée (C), on trouve des sédiments grossiers et il est possible de recueillir des nombreuses espèces marines. De l'autre côté de la jetée (D), des dépôts sableux abritent des espèces détritatives ; une zone où se rencontrent des mollusques filtreurs est aussi nettement observable (voir carte).

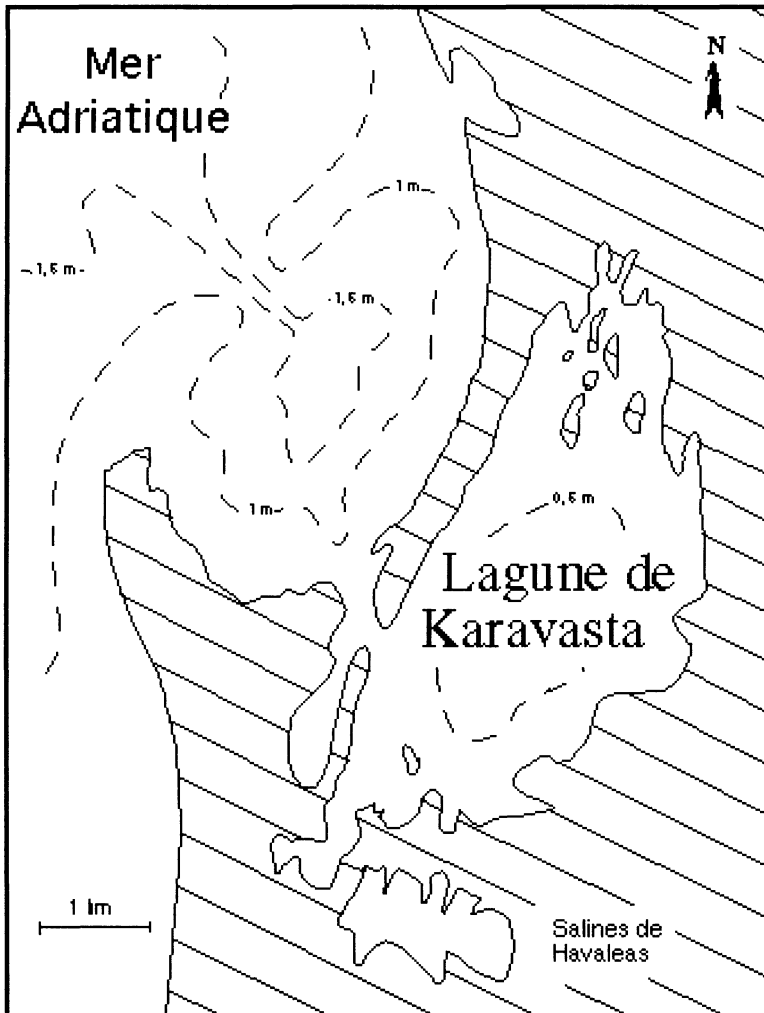


### Document 3

**Question posée à l'expert :** Où pourrait-on installer des tables d'élevage conchylicoles (huîtres) dans la région de Karavasta pour obtenir une production optimale ?

#### **Données de départ**

- Situation géographique : Mer Adriatique, Albanie, 41° N.
- Observation :
  - dans l'enceinte de la lagune on peut pêcher, en grande quantité, des mullets et athérines, espèces qui affectionnent les zones riches en micro-organismes détritivores,
  - on ne récolte des oursins qu'à quelques kilomètres au large de la lagune actuelle.
- Les coquillages que l'on souhaite exploiter :
  - à l'état sauvage, s'installent en eaux peu agitées, mais bien oxygénées,
  - sont des animaux filtreurs (ils se nourrissent de matière organique en suspension).



**Exercice (sur la carte jointe)**

- Indiquer par une zone hachurée en rouge sur la carte l'emplacement où vous proposeriez d'installer les tables d'élevage (surface d'environ 1 km<sup>2</sup>).
- Justifiez votre réponse en trois phrases maximum (au dos de la carte).

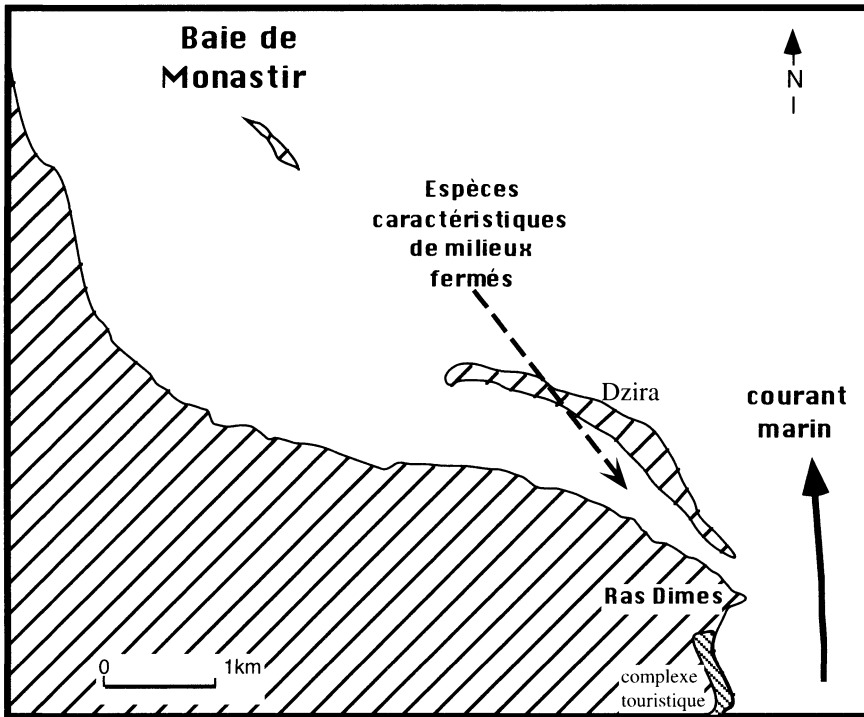
## Document 4

**Question posée à l'expert** : Où peut-on installer une ferme d'élevage intensif de poisson sur la côte de la baie de Monastir, près de Ras Dimes, en fonction de l'environnement littoral ?

### **Données de départ**

- Situation géographique : Méditerranée, Tunisie, latitude : 35° 7 N.
- Description du site : une baie terminée au Sud par un cap en face duquel se trouve une île ; un courant marin de direction Sud-Nord parallèle à la côte.
- Observation : entre l'île et le cap on trouve des espèces typiques de milieux fermés et de nombreux indicateurs d'engraissement organique (suspensivores, détritivores). En allant vers l'intérieur de la baie on rencontre des espèces typiquement marines.
- L'île de Dzira doit rester un site protégé pour l'accueil des peuplements d'oiseaux.
- La ferme devra disposer d'une prise d'eau de qualité marine (ou comparable) et pouvoir rejeter ses effluents dans un milieu capable d'absorber l'excédent de matière organique produit.





**Exercice (sur la carte jointe)**

- Indiquer par une flèche rouge sur la carte l'emplacement où vous proposeriez d'installer la ferme.
- Justifiez votre réponse en trois phrases maximum (au dos de la carte).

# Projet technique à l'école : l'imagination au pouvoir

Élisabeth PLÉ

IUFM de Reims  
6, avenue des Lombards  
10027 Troyes cedex, France.

## Résumé

*Les activités de réalisation technique à l'école sont rares. Quand elles se pratiquent, elles se réduisent souvent à des activités de fabrication à partir de fiche technique, sans conception pour l'enfant. Le présent article décrit la genèse et le déroulement d'un projet technique complexe de fabrication de machine pour une exposition. Il analyse en particulier le rôle de l'imaginaire et de l'imagination, le fonctionnement du projet suivant une logique de négociation, l'importance du contrat à établir entre les partenaires.*

**Mots clés :** projet, imagination, technique, spectacle, interdisciplinarité.

## Abstract

*Activities aiming at technical production are scarcely practiced at primary school. When these activities exist, children do not think about the project but only apply data of a technical file. The following article describes the genesis and the evolution of a complex technical project of machines for an exhibition. We will try and study on particular the role of fantasy and imagination, how a project works according to a logic of negotiating with the environment, and the importance of the contract between partners.*

**Key words :** project, imagination, technics, show, interdisciplinary projects.

## **Resumen**

*Las actividades de realización técnica en la escuela son pocas. Cuando ellas se practican, ellas se reducen a menudo a actividades de fabricación a partir de fichas técnicas, sin concepción para el niño. El presente artículo describe la génesis y el desarrollo de un proyecto técnico complejo de fabricación de máquinas para una exposición. El analiza en particular el rol de lo imaginario y de la imaginación, el funcionamiento del proyecto siguiendo una lógica de negociación, la importancia del contrato a establecer entre los compañeros.*

**Palabras claves** : proyecto, imaginación, técnica, espectáculo, interdisciplinaridad.

Le projet présenté ici s'insère dans une opération locale de grande envergure qui visait à dynamiser la culture scientifique et technique à l'école élémentaire. Elle s'est concrétisée par une manifestation grand public où chaque groupe d'enfants présentait une exposition, la plus interactive possible, à destination de jeunes ou d'adultes. La production finale était généralement le fruit de deux projets :

- un projet d'investigation ou de réalisation ;
- un projet de présentation pour l'exposition.

Nous avons choisi de présenter le projet de réalisation d'une « machine à patates » essentiellement pour trois raisons :

– l'attrait immense manifesté par le public pour cette machine de dix mètres de long qui transporte les pommes de terre, les épluche, les coupe en frites ou les transforme en purée à la demande. Et en plus, elle offre une production consommable à la sortie...

– l'attention particulière portée par les enseignants des lycées techniques jusqu'alors fort sceptiques devant les réalisations bricolées des enfants de l'école primaire. Depuis, un partenariat école primaire - classe de brevet de technicien supérieur s'est mis en place autour d'un projet commun ;

– parmi les activités concevables pour la technologie : réalisation technique, investigation technologique, présentation-réception, la première citée est peu pratiquée. Lorsqu'elle l'est, elle se traduit essentiellement par une activité de fabrication à partir de fiche technique. L'enfant n'est généralement pas concepteur, ou alors concepteur d'objets très simples.

## **1. BRICOLAGE OU TECHNOLOGIE ?**

À l'âge de 8-11 ans, l'élève en est au stade de l'initiation technologique. Le projet s'il existe ne peut être qu'« artisanal » car l'enfant ne maîtrise pas

les compétences intellectuelles et manuelles suffisantes. Gérard Fourez (1994) fait d'ailleurs remarquer que la méthode de projet a ceci de paradoxal qu'«elle fait acquérir les aptitudes à son exercice en même temps qu'elle s'expérimente». La conduite de ce type de projet est éloignée du projet des spécialistes (qu'il soit artisan ou industriel). La recherche de la solution se fait plus par le bricolage ou le tâtonnement manuel que par un traitement formel de la difficulté. On peut d'ailleurs s'interroger devant la méthodologie de projet très linéaire que suggèrent de nombreux guides pédagogiques pour les maîtres : «Analyse des besoins : définition du projet, cahier des charges. Analyse de conception : décliner l'objet en terme de fonctions - Recherche de solutions – Réalisation des représentations nécessaires à la fabrication. Analyse de fabrication avec organisation des étapes de fabrication...» Cette démarche est-elle accessible à des enfants de l'école primaire ? Ne risque-t-elle pas de rigidifier et figer une conception qui par ailleurs peut être féconde ?

Ainsi, le projet technologique implique de se représenter l'ensemble de la situation dans sa complexité. Ce n'est pas un projet centré uniquement sur le «faire», même si le «faire» est central... Cet apprentissage ne vise pas à privilégier une dimension manuelle de l'éducation. Il s'agit comme le précise Fourez (1994) d'un travail par lequel on se donne «une représentation intellectuelle d'une situation, représentation que l'on peut communiquer à d'autres». Ce travail exige en plus la capacité de négocier avec le cadre technologique environnant et de prendre de la distance par rapport à des situations précises.

L'enfant tout comme le bricoleur est à la fois concepteur, producteur et consommateur de ses productions. L'excitation induite par les problèmes à résoudre est perçue chez lui comme «un jeu de l'esprit et des mains». On fait avec «les moyens du bord». L'objet bricolé a souvent un air de compromis. Ce compromis entre le vouloir et le pouvoir, entre le projet et les moyens est vécu comme une véritable victoire sur la difficulté. C'est bien le développement de la créativité, l'expression de soi, la capacité de négocier avec les choses, l'investissement dans une production qui sont visés.

C'est précisément parce que les «règles de l'art» de l'activité de réalisation technique à l'école élémentaire ne sont pas établies que cette activité peut être qualifiée de bricolage. Mais le projet décrit ici s'écarte de cette référence pour plusieurs raisons :

– à la différence du bricoleur, l'enfant n'est pas seul. Il communique avec d'autres, il coopère, il entre en conflit sociocognitif, il recherche, structure ses connaissances, les active, les vérifie. La réalisation dans laquelle il s'implique est une œuvre collective ;

- la production est finalisée par une exposition où la machine est mise en scène. Elle n'est donc pas une production privée ;
- l'activité requiert un médiateur, le maître, qui accompagne le projet.

## 2. SCÉNARIO POUR UN PROJET

Tout a commencé à partir d'un projet d'école : écrire un roman-fiction. Le thème retenu fut l'histoire d'un inventeur fou, «*Pierrot-Patate*».

L'imagination créatrice développée à travers l'activité d'écriture a entraîné une dynamique que les maîtres décident de mettre à profit pour fabriquer réellement une «machine à patates». Cette machine sera mise en scène dans une exposition grand public interactive. Elle doit être terminée dans quatre mois...

- Mise en projet :
  - collage d'images afin d'imaginer une machine et en définir sa fonction globale ;
  - exploration de l'environnement proche pour rechercher et comparer différents appareils permettant de faire des frites et de la purée. Recherche de l'efficacité maximale ;
  - représentation individuelle de la machine ;
  - comparaison des différentes représentations et critique collective. Définition des fonctions techniques de la machine. À ce stade du développement du projet, on ne peut véritablement parler de cahier des charges car l'enfant de cet âge n'a pas la capacité d'abstraction, ni les connaissances suffisantes pour recenser tous les problèmes techniques à résoudre. C'est chemin faisant, dans l'action, par une démarche tâtonnante en négociant avec les choses que le cahier des charges se précisera.
- Recherche de solutions techniques et partage des tâches :
  - réalisation des silos à pommes de terre,
  - fabrication du système d'épluchage,
  - fabrication des tapis roulants,
  - fabrication du presse-purée,
  - fabrication du coupe-frites.
- Recherches documentaires auprès des industriels spécialistes de la transformation de pommes de terre en frites et purée. Les enfants comparent les procédés industriels avec leurs propres procédés.
- Mise en fonction de la machine pour l'exposition.

### 3. LA MISE EN PROJET

Comment passer du rêve à l'objet matériel ? Comme le souligne Bachelard (1960), «*rêver les rêveries et penser les pensées*», voilà deux mondes différents à équilibrer. La stratégie adoptée consiste à utiliser l'imaginaire comme tremplin pour créer la motivation, et par ailleurs à proposer des activités en rupture avec le rêve.

Deux techniques sont pour cela utilisées.

– La première consiste à faire réaliser un collage d'images d'objets pour représenter la machine (figure 1). À cet âge, l'enfant ne connaît pas la généralité du concept (ici de fonction technique), mais seulement l'individualité de l'objet. L'explicitation de ces représentations symboliques va faire émerger quelques fonctions : stocker, expulser, commander, laver, transiter, chauffer. Le groupe décide de réaliser une machine à faire des frites et de la purée.

– La seconde est exploratoire. C'est une activité d'investigation technologique qui va mettre l'enfant en prise directe avec la réalité et lui donner le minimum de technicité pour agir, penser, communiquer.

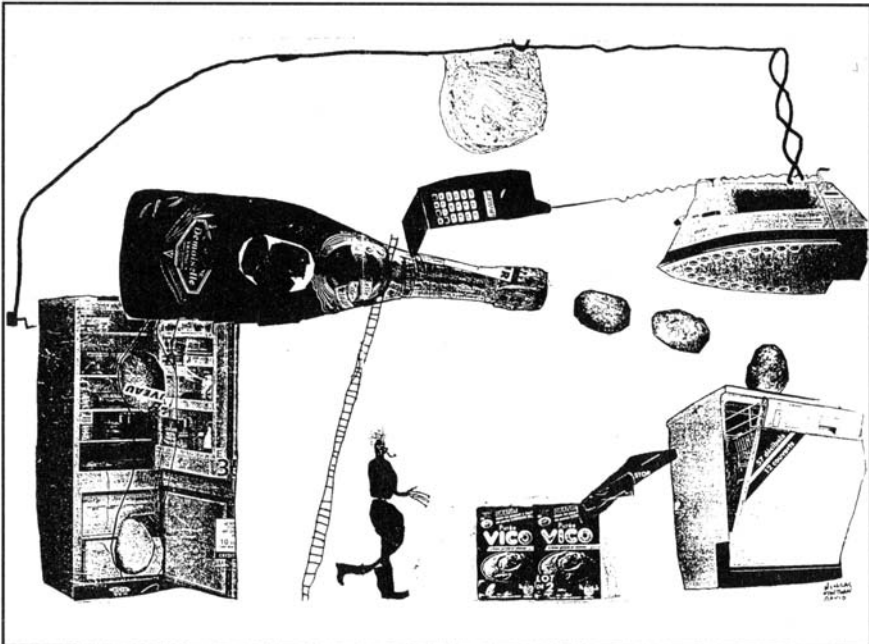


Figure 1 : Première représentation de la machine à partir d'images, réalisée par un groupe d'enfants

On agit sur la matière et on explore l'environnement pour exploiter différentes solutions technologiques :

– faire des frites, c'est éplucher, laver, couper les pommes de terre, faire cuire les frites. Pour couper, on peut utiliser un couteau, mais aussi un coupe-frites à grille et levier ;

– faire de la purée pose le problème d'écraser les pommes de terre. On essaie la fourchette, le presse-purée, le moulin à légumes mécanique, le presse-purée électrique.

Après quoi l'enseignant demande une nouvelle représentation de cette machine (figure 2).

Ainsi le projet émerge véritablement, on va pouvoir donner un cadre au cahier des charges.

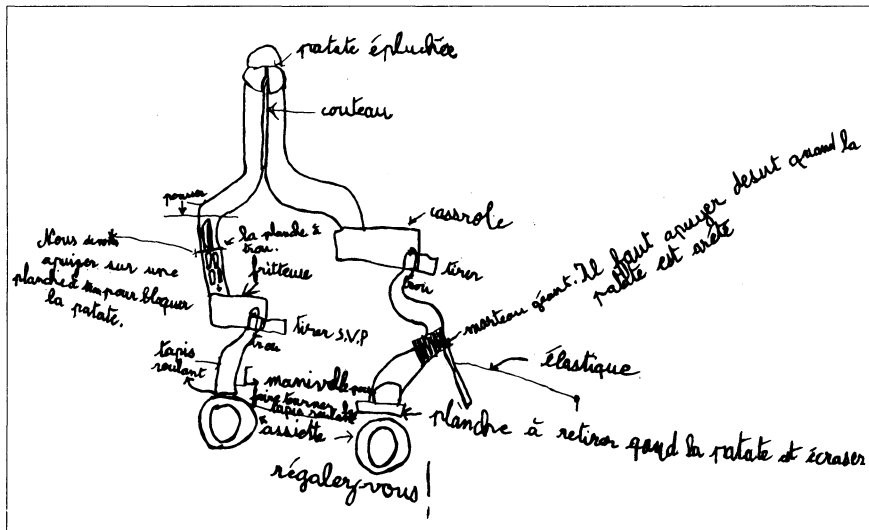


Figure 2 : Schéma réalisé par un enfant après des activités d'investigation

Cette phase de naissance du projet est fondamentalement différente de toute pratique sociale. Elle est aussi bien éloignée de ce qui se pratique dans l'enseignement du second degré. Elle est indispensable pour, comme le dit Leif (1985), «discipliner les formes de l'imaginaire et de la fonction symbolique en se référant à des procédés d'ordre technique».

## 4. LES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

### 4.1. La motivation

Plusieurs facteurs semblent réunis dans un tel projet pour susciter la motivation. Il y a d'abord l'origine du projet : donner corps à la machine imaginaire de «l'inventeur fou». Cela relève du défi, c'est «traduire les rêves en action». Mais la réalité pourrait décevoir. Aussi se sert-on d'un autre levier : c'est la dialectique principe de plaisir - principe de réalité. Comme le souligne Devèze (1991), «*l'enfant plie la matière à son projet*». Il détourne les choses : ainsi, le tabouret à vis deviendra une presse de coupe-frites, le tambour de machine à laver équipé de râpes et entraîné par une bicyclette épluchera les pommes de terre. Ces stratégies de jouissance qui détournent les choses de leur fonction première génèrent du plaisir. Mais en même temps l'enfant découvre le principe de réalité lorsqu'il doit surmonter difficultés et obstacles qui se présentent à lui.

Par ailleurs, un contrat est passé entre les différents acteurs du projet et les partenaires (enfants des trois classes concernées, enseignants, parents d'élèves) : c'est celui de mettre sur pied cette machine qui doit fonctionner et attirer de nombreux spectateurs. Bref, «*elle doit se vendre, cette machine*». Il y a là un enjeu de réussite collective.

Enfin l'activité est socialement reconnue. Les familles sont associées au travail. La presse fait écho de l'avancement du projet, annonce la manifestation. Ce sentiment de reconnaissance est un élément non négligeable de motivation.

### 4.2. Organisation sociale

Dès que le cahier des charges est établi, un partage des tâches de conception-réalisation est mis en place :

- une classe d'élèves de 7-8 ans fabriquera le silo ;
- une classe d'élèves de 10-11 ans prendra en charge lavage, épluchage, fabrication de purée. Elle fonctionnera en ateliers autonomes avec temps d'échanges pour recentrer, aider, améliorer les productions des autres groupes ;
- une classe d'élèves de 10-11 ans, mais d'une autre école, aura la responsabilité du coupe-frites et des tapis roulants pour faire transiter la «matière d'œuvre» entre les modules. Elle fera aussi une recherche documentaire chez des industriels ;



– la coordination entre les équipes est assurée par les enseignants des trois classes.

### **4.3. Logique de négociation**

Dans un tel projet, nous sommes très loin du «do it yourself» des bricoleurs (Lévi-Strauss, 1962). C'est une démarche en va-et-vient entre la définition du besoin à satisfaire et les différentes solutions possibles qui est mise en place. Suivant une logique de négociation avec les choses, on progresse par essais-erreurs, tâtonnements successifs, recherche d'informations et d'aides auprès de personnes compétentes. Cette démarche donne une place importante à l'esprit critique, à l'autonomie, à la prise de décision. Elle développe aussi l'esprit d'innovation et donne de l'assurance à l'enfant en lui révélant des capacités de transformation et de domestication de la matière.

#### ***Exemple 1 : concevoir et fabriquer un silo à pommes de terre***

Premier essai : les enfants stockent les pommes de terre dans un carton muni d'un tuyau à sa base permettant l'écoulement des pommes de terre.

À l'usage, on relève très rapidement deux inconvénients à ce système :

- pas de contrôle sur le débit des pommes de terre ;
- non-écoulement de toutes les pommes de terre.

Deuxième essai : les problèmes étant identifiés, le groupe recherche des solutions : les grands de l'école suggèrent de réaliser un cône à l'intérieur du carton. L'idée se révèle judicieuse, avec ce système, l'écoulement des pommes de terre est total.

Fabrication de la porte : c'est le modèle classique de la porte à charnière. L'utilisation de ce système fait apparaître un défaut majeur : le contrôle de la fermeture est insuffisant. Les enfants sont invités à rechercher autour d'eux (et surtout dans leur milieu familial) d'éventuelles solutions.

Troisième essai : diverses propositions sont débattues. Deux idées sont retenues :

- remplacer la porte à charnière par une trappe montée sur glissière latérales ;
- fabriquer un système de rappel à ressorts.

Les essais soulèvent de nouveaux problèmes :

- les ressorts disponibles perdent rapidement leur capacité d'élasticité, ils sont remplacés par des élastiques ;
- un seul élastique latéral ne suffit pas, il faut un élastique de rappel de chaque côté ;
- un système de butée est nécessaire pour éviter que la porte ne soit propulsée ;
- il faut calibrer les pommes de terre : les grosses pommes de terre obstruent le trou et bloquent l'écoulement. Cette exigence se révèle compatible avec celle relevée par le groupe responsable de l'épluchage.

### ***Exemple 2 : concevoir et fabriquer un système pour éplucher les pommes de terre***

Premier essai : les enfants ont l'idée d'utiliser une essoreuse à salade garnie de couteaux. Échec... Ils remplacent alors les lames par des râpes. Un parent d'élève propose de remplacer l'essoreuse à salade par une essoreuse à linge électrique.

Deuxième essai : ils garnissent l'intérieur de l'essoreuse de râpes. Les tentatives sont concluantes. Les pommes de terre sont toutefois épluchées partiellement car il n'y a pas de système de brassage. Un aléa majeur viendra stopper tout espoir d'amélioration du système : la machine explose en marche !

Troisième essai : le groupe décide de garder l'idée du système de tambour garni de râpes. Il recherche alors un système d'entraînement. L'échéance de l'exposition les incite à mettre au point un système spectaculaire. Ils se mettent d'accord pour essayer d'entraîner le tambour au moyen d'une bicyclette. Ils fixent alors cette pièce sur l'axe du pignon arrière du vélo. L'animateur, en pédalant, épluche les pommes de terre.

### ***Exemple 3 : concevoir et fabriquer le coupe-frites***

La contrainte exigée par l'objet d'exposition qui sera mis en scène entraîne là aussi le groupe vers la recherche d'un système spectaculaire.

Il faut :

- fabriquer ou trouver une grille suffisamment grande pour couper plusieurs pommes de terre en même temps ;
- mettre au point un système de presse relativement puissant.

Après différents essais, le groupe chargé de la réalisation décide finalement de récupérer plusieurs grilles de coupe-frites et de les assembler. Une presse est fabriquée au moyen d'un tabouret à assise tournante autour d'une vis. Une plaque est fixée à l'extrémité de la vis. Un animateur, assis sur le tabouret, écrase les pommes de terre sur la grille, en tournant.

Quelques améliorations seront cependant nécessaires pour éviter que les pommes de terre ne glissent :

- la grille doit être disposée en creux ;
- la plaque fixée à la vis doit être articulée.

## 5. BILAN

Si ce travail ne donne pas lieu à une évaluation à proprement parler en termes d'apprentissage, c'est que ces activités de réalisation et d'investigation ont leurs propres logiques et qu'«*elles ne sont pas pilotées comme des apprentissages visant à développer avant tout des compétences spécifiques*» (Martinand, 1995). L'évaluation est d'abord collective : interne grâce à des temps de réflexion et de concertation entre les différents groupes, externe par la sanction du public. Les temps d'échanges entre les groupes donnent aux maîtres l'occasion d'apprécier les progrès intellectuels réalisés par les élèves : acquisition des concepts de fonction technique, de commande, de transmission du mouvement, capacité à choisir et à associer des organes pour réaliser une fonction donnée, capacité à négocier avec les choses mais aussi avec les projets de chacun, à rechercher des informations dans l'environnement et auprès des personnes compétentes, à sélectionner les matériaux en fonction de leurs propriétés : dureté, souplesse, élasticité, prix...

Ces activités offrent à l'enfant l'occasion :

- de réinvestir et d'utiliser des concepts physiques tels que volume, débit, énergie ;
- de se familiariser avec de nouveaux concepts (force, pression...) qui, s'ils ne sont pas formellement explicités, donnent cependant un vécu à l'enfant ;
- d'accéder à une documentation technique relative à des pratiques sociales inhabituelles à l'enfant, celles de l'industrie. C'est la curiosité suscitée par la comparaison entre le procédé industriel et le procédé mis au point collectivement qui permet l'accès à ce type de documentation ;

– de s'éduquer à la sécurité. Ce projet s'inscrivant dans un projet d'école, les différents partenaires éducatifs sont liés par un contrat de responsabilité qui, en n'excluant aucune manipulation, oblige à respecter un certain nombre de règles sécuritaires. Par ailleurs, l'exposition est visitée par une commission de sécurité : les enfants se familiarisent avec les normes d'usage de la protection civile (délimitation d'un périmètre de sécurité autour de l'huile chaude, obligation d'émousser quelques objets pouvant blesser le public...)

Pour l'enseignant, c'est une occasion privilégiée pour faire preuve de flexibilité pédagogique : gérer des groupes d'apprentissage divers (production, recherche, confrontation, évaluation mutuelle), être à l'écoute des propositions des élèves, mais aussi apporter informations, aides et ressources pour débloquer, le cas échéant, la situation.

## 6. CONCLUSION

Gérer un projet complexe, c'est apprendre à débrouiller de multiples facteurs, les faire évoluer, négocier avec les contradictions, les imprévus, prendre les décisions adaptées, anticiper les solutions. C'est aussi une démarche qui fonctionne en s'appuyant sur la rationalité, l'empirisme, l'imagination, la vérification. Si des projets de ce type restent marginaux, ils sont cependant très formateurs pour les enfants, mais aussi pour le médiateur, facilitateur, accompagnateur qu'est le maître. Ne nous moquons pas trop des Icare, et si Dédale nous est étranger, alors tel le laboureur de «la chute d'Icare» de Breughel, ouvrons au moins le sillon...

## BIBLIOGRAPHIE

- BACHELARD G. (1960). *Poétique de la rêverie*. Paris, PUF.
- DEVÈZE J. (1991). Plaisir de la technique. In D. Morali, M.-C. Dauvisis & B. Sicard (Éds), *Culture technique et formation*. Nancy, Presses Universitaires de Nancy, pp. 56-61.
- FOUREZ G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique*. Bruxelles, De Boeck.
- LEIF J. (1985). *L'imagination créatrice*. Paris, Delagrave.
- LÉVI-STRAUSS C. (1962). *La pensée sauvage*. Paris, Plon.
- MARTINAND J.-L. (1995). Rudiments d'épistémologie appliquée pour une discipline nouvelle : la technologie. In M. Develay (Dir.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines*. Paris, ESF, pp. 339-352.

### **Autres ouvrages du domaine :**

BORDALLO I. & GINESTET J.-P. (1993). *Pour une pédagogie de projet*. Paris, Hachette.

BOUTINET J.P. (1993). *Anthropologie du projet*. Paris, PUF.

COMBARNOUS M. (1984). *Les techniques et la technicité*. Paris, Éditions Sociales.

DEFORGE Y. (1993). *De l'éducation technologique à la culture technique*. Paris, ESF.

KACZMAREK J. (1991). *La technologie à l'école*. Paris, A. Colin.

MORIN E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris, ESF.

**ANTHEAUME P., DUPONT M. & MAUREL M. (coordonné par J. Deunff). *Découverte du vivant et de la Terre*. Paris, Hachette Education, 336 p.**

Cet ouvrage se compose, d'une manière assez classique, de trois parties. La première engage une réflexion que l'on peut qualifier de théorique sur la biologie et son épistémologie ; la seconde développe une approche didactique de son enseignement et fait transition avec la troisième consacrée à l'analyse détaillée de nombreuses séquences pédagogiques.

Après avoir, en introduction, proposé une définition de la biologie et de son objet d'étude (le vivant), les auteurs décrivent, avec une rare clarté, les principales approches méthodologiques propres aux sciences expérimentales ainsi que les modes de raisonnement qui leur sont associés. L'aptitude des enfants à pratiquer ces raisonnements ainsi que les problèmes de l'évaluation de ces apprentissages méthodologiques sont ensuite évoqués. Peut-être un peu complexe pour un non-scientifique, cette première partie peut cependant être négligée dans un premier temps pour être lue à la lumière des parties suivantes.

La seconde pose la question du «comment» aborder le vivant et privilégie trois entrées. L'une est centrée sur les aspects méthodologiques de la mise en œuvre d'une démarche de type «investigation-construction». L'accent est mis sur les phases de formulation et de résolution de problèmes et sur le temps de structuration des connaissances. Les auteurs pointent les difficultés propres à décourager un enseignant non familier des approches constructivistes et proposent, sous la forme d'aménagements didactiques simples mais bien construits, des solutions didactiques pertinentes.

Avec la seconde entrée on quitte le plan des compétences pour celui des connaissances disciplinaires. Les trois domaines privilégiés par l'école primaire sont abordés : «les grandes fonctions du vivant», «l'unité et la diversité du monde vivant», «les vivants dans leur milieu et dans le temps». Pour chacun, les principales notions constitutives sont définies, précisées sur le plan scientifique et inscrites dans des objectifs d'apprentissage bien formalisés. Ceux-ci auraient gagné à être hiérarchisés et mis en relation avec les cycles concernés. La question de l'opérationnalisation des objectifs proposés est néanmoins traitée du point de vue des élèves (conceptions, obstacles) et du point de vue des activités et démarches à proscrire ou à privilégier. La dernière entrée, s'inscrivant en cela dans les orientations définies par les nouveaux programmes, aborde avec beaucoup d'intelligence les thèmes transversaux que sont «la santé» et «l'environnement» sous l'angle des activités interdisciplinaires.

La troisième partie présente d'emblée une coloration plus pratique de guide pédagogique pour le maître. Elle s'ancre dans le quotidien de la classe par une introduction sur les programmes officiels des trois cycles de l'école primaire. Ceux-ci sont explicités, en relation avec la démarche scientifique et aussi par rapport au développement psychologique de l'enfant, et dédramatisés. S'ils paraissent ambitieux et «mangeurs de temps», il sont néanmoins applicables, à condition que l'équipe d'école ait réfléchi aux programmations de cycles et de classes.

Le programme de 1995 indique qu'au-delà de l'instruction des élèves (notions et méthodes), il y a lieu de développer les compétences transversales et plus globalement des points d'éducation à la santé et à l'environnement. Les programmes sont donc finalisés par des références sociales. Viennent ensuite des repères pour préparer sa classe, c'est-à-dire pour envisager des possibles de

fonctionnement. Ces repères sont nombreux et complets. Objectifs et activités, matériels et adresses utiles, temps et espace de l'activité de classe, consignes et évaluations, point de départ et bilan d'arrivée, compétences transversales et interdisciplinarité.

Les auteurs, avec beaucoup de simplicité et de clarté, montrent toute l'utilité de la préparation en classe qui donne du sens et des repères à l'activité-élèves, et de l'intelligence au déroulement de la classe dans le cadre de sujets d'étude programmés.

Enfin les quarante-quatre sujets d'études conformes au programme et couvrant les trois cycles seront autant d'aides aux professeurs d'école débutants comme aux instituteurs confirmés désireux de renouveler leurs pratiques.

En conclusion, il s'agit là d'un ouvrage dont on peut louer la grande qualité et qui devrait très rapidement devenir un incontournable de la formation des enseignants dans cette discipline.

Cependant nous ne pouvons nous empêcher d'exprimer un regret. Les exemples, exclusivement pris au niveau primaire, risquent d'affaiblir un ouvrage dont la lecture ne peut être que conseillée aux futurs (ou déjà) professeurs de collège et lycée.

B. Darley, J.-L. Dubouis, É. Triquet

---

**DELACOTE G. (1996). *Savoir apprendre – les nouvelles méthodes*. Paris, Odile Jacob, 277 p.**

---

Ce livre, dit l'auteur, «possède toutes les limites d'une expérience – mon expérience pendant quatre ans à la tête de l'Exploratorium de San Francisco». Il reflète également, on le découvre à la lecture, les multiples expériences antérieures de G. Delacote comme chercheur et enseignant en physique, créateur d'un Laboratoire de Recherches sur l'Enseignement des Sciences, responsable de l'Information Scientifique et Technique au CNRS, pour n'en citer que quelques-unes. Ainsi, le livre analyse le savoir apprendre selon des points de vue différents qui en rendent la lecture très enrichissante. L'auteur

dit aussi que ce livre n'est certainement pas une leçon et la première impression de lecture est bien qu'il y a beaucoup de questions et d'exemples mais pas de dogmatisme. Les idées nouvelles, nombreuses, sont illustrées par des exemples précis, disséquées brièvement mais sans complaisance. Alors que beaucoup s'interrogent sur l'impact possible ou probable des nouvelles technologies, le livre envisage leur utilisation pour l'apprentissage. Il montre sur un exemple, celui de l'anémie falciforme, comment un produit multimédia permet l'accès à un savoir personnalisé. Les critères de qualité des produits de ce type sont discutés.

La mise en réseau est une voie intéressante pour des communications à distance, par exemple entre un établissement scolaire et des scientifiques qui peuvent répondre en différé aux questions des élèves. L'auteur explique bien qu'une pédagogie adaptée est nécessaire, car «la technologie n'est pas en soi génératrice de transformation des pratiques d'apprendre». La description très synthétique du réseau Internet est suivie d'une discussion sur les possibilités d'utilisation à l'école, illustrée par l'exemple du Kid Network, dont l'objectif est d'améliorer l'éducation scientifique à l'école primaire.

L'expérience acquise par l'auteur à l'Exploratorium est présentée dans le deuxième chapitre après un bref rappel historique. L'Exploratorium contient plus de six cents manipulations et met l'accent sur l'interaction du visiteur soit avec un réseau comme Internet soit avec des personnes ou des produits. Les «explainers», jeunes d'âge scolaire, ont pour rôle de présenter des phénomènes et de faciliter la visite. Le livre montre par de nombreux exemples illustrés ce que rencontre le visiteur et dans quel esprit la science est présentée.

La discussion sur les directions dans lesquelles l'Exploratorium pourrait évoluer est extrêmement stimulante. L'évolution pourrait impliquer des centres, situés dans des établissements éducatifs par exemple, reprenant l'idée d'environnement interactif de l'Exploratorium. Une autre voie est l'utilisation de médias portables comme l'Explorabook, livre outil proposant des manipulations, par ailleurs vendu déjà à un million d'exemplaires !

À la question de savoir si l'éducateur doit être plutôt un jardinier soignant ses plantes ou bien un berger guidant son troupeau, une réponse nuancée est donnée en remarquant que si l'apprentissage est plutôt le fait du jardinier, la gestion efficace des établissements demande une réelle transformation des pratiques. Il est clair que l'expérience de l'Exploratorium a quelque chose à nous apprendre et que les innovations en tous genres qu'il a fournies pourraient être étendues à d'autres contextes.

Les chapitres 3 et 4 traitent de la cognition et des méthodes d'apprentissage. Les résultats des recherches sur la résolution de problèmes, la représentation des connaissances, la mémoire à long terme et la mémoire de travail... sont présentés de manière très synthétique. Les conditions d'un apprentissage allant jusqu'à l'expertise et l'aide que peuvent apporter des tutoriels intelligents sont discutées. Enfin on voit, sur l'exemple de l'Exploratorium, comment les recherches sur la cognition permettent d'aller plus loin dans la compréhension de la science.

Dans le chapitre 4 intitulé éloquentement «*les méthodes, étudiant et compagnon*», l'intérêt de la métacognition est souligné. Si l'élève est bien un «*novice de tous les instants*», il lui faut acquérir non seulement les savoirs spécifiques du domaine étudié mais encore plusieurs types de stratégies (de résolution de problèmes, de contrôle ou d'apprentissage, par exemple). Le point crucial est de savoir quelle méthode utiliser pour atteindre ces objectifs. La méthode du compagnonnage cognitif semble prometteuse. L'énumération détaillée des éléments de méthode pour un apprentissage conceptuel de John Seely Brown (modéliser l'expert, entraîner et autonomiser l'élève, expliciter, réfléchir, explorer) permet de mieux se représenter ce qui est en jeu. Un exemple d'enseignement réciproque où un élève peut jouer le rôle du maître illustre ces points de vue.

D'autres points importants comme l'ordre des apprentissages, les rôles de la coopération et de la compétition et le support biologique de l'apprentissage sont traités plus brièvement. Quelques pages d'un grand intérêt sont consacrées à l'évaluation «*nécessaire et difficile*», et en particulier à l'évaluation dans le contexte muséologique.

Les chapitres 5 et 6 s'adressent plus particulièrement aux enseignants de l'école secondaire et de l'université. L'histoire (fictive) de M. Choster et de l'évolution de son cours montre comment placer les élèves dans des situations où ils peuvent prédire, expliquer, expérimenter, confronter leurs résultats et leurs explications et finalement produire du sens. Ceci débouche sur le problème des connaissances que doit maîtriser M. Choster, sur la science et la technique bien entendu mais aussi sur les mécanismes de pensée des élèves et sur la conception des tâches d'apprentissage.

Un autre problème important est celui des buts et des moyens de l'enseignement d'aujourd'hui. L'auteur défend la complémentarité entre l'école et le musée. Il montre qu'il faut réussir à articuler les temps propres à trois processus de rythmes bien différents : la formation des individus, l'évolution des systèmes éducatifs et la reconstruction du système universitaire.

Les idées développées dans les premiers chapitres sont illustrées par la description du cours de mécanique de première année de Fred Reif à l'Université Carnegie Mellon à Pittsburgh. Ce cours, appuyé sur des recherches concernant l'apprentissage de la physique, a permis d'obtenir une amélioration considérable des résultats des étudiants. Il comporte un texte et un guide de travail et propose un apprentissage interactif basé sur le guidage, le diagnostic et la rétroaction.

Comment les connaissances acquises dans plusieurs domaines peuvent-elles aider à reconstruire le système éducatif ? La réflexion s'appuie ici encore sur des exemples récents. Ainsi les standards nouvellement apparus aux États-Unis fournissent un cadre cohérent et souple pour l'enseignement des sciences. Il est remarquable que, sur les vingt-cinq standards proposés pour l'enseignement des mathématiques, treize concernent la discipline et douze l'enseignement et la formation des maîtres. La situation est analogue pour les sciences physiques, les sciences de la vie et les sciences de la terre et de l'espace.

La formulation des standards, appuyée sur une très large consultation, fournit un cadre national qui fait penser au système français. Que peut-on tirer de cette expérience pour



améliorer notre système éducatif ? Les principes de changement sont clairement énoncés (qualité de l'apprentissage individuel, rôle important des enseignants et des établissements, management). Des propositions concrètes suivent, comme par exemple la suggestion de désigner des responsables par établissement pour l'évaluation, la formation, l'information.

C'est sur ces propositions que se termine ce livre qui donne beaucoup à penser et rend le lecteur optimiste quant à l'avenir de notre système éducatif.

M. Chastrette

---

**DIMITRICOPOULOU A. (1995). *Les tutorats dans les systèmes informatisés d'apprentissage : étude de la conception et réalisation d'un tutoriel d'aide à la représentation physique des situations étudiées par la mécanique*. Thèse de doctorat, Université Paris 7.**

---

La thèse d'Angélique Dimitricopoulou porte sur la conception, le prototypage et la mise en œuvre d'ARPIA, un environnement informatique d'apprentissage humain en mécanique (nous parlerons dans la suite, pour être bref, d'EIAH en mécanique). Cet environnement est conçu comme un complément et non un substitut à l'enseignement classique. Le travail présenté parvient à couvrir une grande partie du spectre des problèmes posés de la conception à la réalisation informatique effective du logiciel ARPIA, puis ceux posés par son évaluation.

Le mémoire de thèse se présente comme un gros volume, bien structuré en cinq parties : l'état de l'art (79 pages), la problématique et le cadre théorique (84 pages), la conception d'ARPIA (88 pages), l'évaluation d'ARPIA (65 pages), enfin la conclusion et la présentation de perspectives (7 pages). L'ensemble est suivi d'une bibliographie très étendue tant dans le domaine de la didactique de la physique que dans celui de l'informatique pour la conception des EIAH.

La revue bibliographique est très large. L'essentiel est dit, et les points forts de l'état

de l'art sont bien identifiés ; même si parfois l'analyse peut paraître rapide voire sujète à discussion (par exemple à propos de ce qui est dit des travaux de Bellemain, de Van Lehn ou de la notion de sujet épistémique). En particulier, l'auteur montre bien les distances qu'il faut prendre – pour des raisons théoriques – avec le projet d'une modélisation informatique de l'enseignant humain et le caractère fondamentalement lié du diagnostic et de la modélisation des fonctions didactiques du précepteur artificiel. L'analyse des processus didactiques modélisés par les logiciels de physique est organisée de façon méthodique, elle est à la fois solide et bien documentée. Différents aspects de cet état de l'art sont repris plus loin dans la thèse pour soutenir l'argumentation des choix de spécification qui ont été faits pour ARPIA.

Le cadre théorique de la conception d'ARPIA est clairement présent : « identifier le type de représentation le plus approprié à faire apprendre aux élèves », « cerner et expliciter en détail l'approche, les stratégies et les tactiques d'enseignement et de pédagogie à mettre en œuvre ». Des distances sont prises vis-à-vis d'une conception de l'environnement informatique comme résolveur, l'accent en revanche est mis sur l'analyse didactique des caractéristiques des situations permettant un apprentissage. À l'intelligence en résolution, l'auteur substitue de fait l'idée d'une *intelligence didactique* d'ARPIA. C'est une problématique tout à fait originale que l'on peut souhaiter voir développer. La construction d'une argumentation soutenant les choix de conception est remarquable. Notamment parce que quel que soit l'esprit critique avec lequel on aborderait l'analyse de ces choix, on est là dans des conditions où un débat peut effectivement avoir lieu. L'organisation de cette argumentation pourra être avantageusement recommandée et citée en exemple à d'autres auteurs du domaine, tant les habitudes se complaisent le plus souvent dans l'implicite et le général.

Les deux points originaux de la conception d'ARPIA me paraissent être, d'un point de vue didactique, l'utilisation du diagramme Objet-Interaction, et, du point de vue des EIAH, la modélisation des processus de décision didactique articulée sur l'identification de conceptions. Un point me semble

cependant malheureusement oublié, celui des rapports entre la phénoménologie du champ expérimental de référence et celle de l'interface. Les remarques souvent pertinentes sur la manipulation directe auraient dû y conduire. Par exemple : la matérialisation (réification, diraient nos collègues anglo-saxons) de concepts abstraits, telles la force et la vitesse, que l'on pourrait manipuler effectivement, peut-elle avoir un impact sur les significations construites par l'élève ? Pour reprendre le vocabulaire de l'auteur, l'interface à engagement direct ne devient-elle pas un nouveau «*réfèrent empirique*» pour l'élève ?

En revanche, le problème de la prise en compte de l'élève est abordé dans un cadre d'analyse original, articulant clairement modélisation comportementale, diagnostic et modélisation épistémique. C'est là l'une des premières utilisations d'ampleur d'un tel cadre ; on en voit clairement la fécondité. Notamment lorsque l'auteur aborde le problème de l'évaluation des choix qu'elle a effectués pour la conception. Cette analyse est en fait un véritable travail critique ; une révision des choix est envisagée non sur des bases empiriques mais en analysant les origines des défauts observés qui permettent de mieux comprendre les choix et de les faire évoluer. Cette approche pourra être citée en exemple.

Le travail réalisé pour la conception et le développement d'ARPIA est tout à fait important, il constitue une contribution originale dans le domaine des environnements informatiques d'apprentissage humain. La grande qualité de ce travail est manifeste tant du point de vue méthodologique et théorique, que du point de vue des recherches sur la conception d'EIAH. On peut souhaiter que l'auteur mette à disposition sa thèse sous des formes plus accessibles, par exemple des articles, et pourquoi pas un livre, car le travail réalisé me semble pouvoir constituer par plusieurs aspects une référence utile pour les recherches à venir.

N. Balacheff

---

**LEBEAUME J. (1996). *École, technique et travail manuel*. Nice, Z'Éditions, 269 p.**

---

Cet ouvrage retrace l'évolution de l'enseignement technologique à l'école élémentaire, tel qu'on le connaît aujourd'hui. L'auteur s'attache à montrer la genèse de l'enseignement technologique, sa filiation avec l'enseignement manuel, les leçons de choses, les procédés techniques. J. Lebeaume montre comment se pose, selon les époques, la question de la légitimité d'une discipline scolaire : ses rapports aux réalités sociales, au monde du travail, à l'institution scolaire, aux significations des activités scolaires proposées, etc. Ce questionnement, sans cesse renouvelé, contribuerait progressivement à la fabrication d'une discipline scolaire.

L'originalité de cet ouvrage provient d'abord de l'approche historique proposée par l'auteur. Il contribue ainsi au développement d'un nouveau champ dans la recherche en éducation, l'histoire des disciplines, qui éclaire sous un jour nouveau l'évolution curriculaire à laquelle s'intéressent aussi bien la théorie des curriculums que la théorie de la transposition didactique. Ensuite, cette originalité tient à la richesse et à la diversité des sources utilisées : les manuels, les instructions, les rapports de tous ordres, les fiches... Et la magie de ce livre consiste à la fois à nous faire «revivre» des activités scolaires et à nous montrer le travail fourni par l'institution dans la fabrication des ordres d'enseignement (primaire, secondaire, professionnel).

Chacune des trois parties de l'ouvrage («*pour les écoles des garçons*», «*pour les écoles des filles*», «*dans les classes*») témoigne du travail méticuleux auquel se livre l'auteur pour décrire les activités manuelles et rendre compte des ruptures et des continuités curriculaires. On comprend mieux les mécanismes par lesquels les travaux manuels enseignés à l'école ont préparé le lit de la technologie enseignée actuellement. Mais à travers l'histoire d'une discipline, aujourd'hui disparue, la question du sens et de la finalité de l'enseignement technologique demeure d'actualité : quelle forme scolaire donner à cet enseignement

(le temps scolaire d'occupation des élèves, la nature des apprentissages réalisés, la contribution à la socialisation et à la formation du citoyen...) ?

Un ouvrage à recommander à tout lecteur attentif au développement de la recherche en éducation. Les formateurs en technologie dans les IUFM, tout comme les chercheurs en didactique des disciplines technologiques, seront particulièrement sensibles aux nombreux documents et illustrations et intéressés par une imposante bibliographie indicative qui complète une liste, non moins importante, des références utilisées pour ce travail.

R. Amigues

---

**LE MOIGNE J.-L. (1995). *Les épistémologies constructivistes*. Paris, PUF (Que sais-je ?), 127 p.**

---

Cela fait maintenant plus d'un siècle que l'épistémologie traditionnelle est remise régulièrement en question. Comme nous le rappelle Le Moigne, l'épistémologie cherche à répondre aux trois questions suivantes :

- qu'est-ce que la connaissance ? (la question gnoséologique),
- comment est-elle constituée ? (la question méthodologique),
- comment apprécier sa valeur ? (la question éthique).

Les réponses données par les épistémologies traditionnelles se regroupent, selon Le Moigne, en quatre principes. Premièrement, le principe ou l'hypothèse ontologique qui pose la connaissance scientifique comme un reflet de la réalité indépendante de l'observateur qui la décrit. Mais ne caricaturons pas : on reconnaît aujourd'hui que cette dernière est imparfaitement connaissable ; au mieux, comme le dirait Popper, elle est de plus en plus vraisemblable. Deuxièmement, un principe déterministe est à la base de l'approche scientifique. On admet certes maintenant qu'une connaissance imparfaite – ou statistique – des phénomènes est ce que

l'on obtient le plus souvent, cela ne nous empêche pas de croire à un certain causalisme. Ces deux premières hypothèses circonscrivent la question gnoséologique dans une perspective traditionnelle.

Les deux principes suivants entendent apporter des réponses à la question méthodologique. Ainsi, le principe analytique réfère au point de méthode suggérant de décomposer l'objet sous étude en ses parties constituantes. Le Moigne note à juste titre ici que cette opération ne conduit pas nécessairement au réductionnisme. Un dernier principe, le principe de raison suffisante, suggère quant à lui que seule la logique déductive est à même de fournir les raisons de nos croyances.

Tel se résume pour Le Moigne le contrat social de l'épistémologie traditionnelle. À celle-ci, Le Moigne oppose les épistémologies constructivistes selon quatre principes parallèles. Plutôt qu'une réalité postulée comme donnée et préexistante, l'hypothèse dite phénoménologique pose une inséparabilité entre l'objet et le sujet : la connaissance est un processus actif de représentation. Ceci parce que, deuxièmement, une hypothèse téléologique reconnaît l'intentionnalité du sujet et la primauté de celui-ci sur la réalité. En corollaire, un principe systémique suggère de considérer impérativement le contexte et la complexité comme inhérents et donnant sens aux phénomènes. Enfin, les épistémologies constructivistes reposent sur un principe dit d'action intelligente, ou pragmatique, qui met l'accent sur l'action et les conséquences de nos représentations. Bref, au lieu d'une éthique fondée sur une classification des sciences selon le modèle hiérarchique d'Auguste Comte, les épistémologies constructivistes véhiculent un projet.

Positionner ainsi le débat entre deux extrêmes a des vertus pédagogiques évidentes et offre des avantages de présentation tout aussi intéressants. D'ailleurs, on trouvera dans ce livre plusieurs concepts clés de l'épistémologie contemporaine. On doit noter cependant le risque de caricaturer grossièrement un débat dont on oblitère la dimension historique : les épistémologies constructivistes ont pris naissance sur le socle des épistémologies qui les ont précédées, en réponse aux problèmes

véhiculés par celles-ci, et surtout en ne faisant pas table rase du passé. Qu'il soit possible de relativiser plutôt que de remplacer l'épistémologie traditionnelle est une autre option – d'ailleurs non traitée. On prendra, pour se convaincre de l'existence d'une position nuancée et mitoyenne entre le réalisme simple et le nominalisme, l'exemple du rationalisme appliqué de Bachelard : raison ET réalité sont à l'œuvre dans l'activité scientifique, la première **réalisant** la seconde.

Le Moigne porte trop peu d'attention, à notre avis, à Kant, Cassirer, Piaget, et aux pragmatistes. Le courant anglo-saxon n'est pas davantage traité. Le Moigne discute plutôt abondamment un auteur tel Edgar Morin. Eu égard aux débats dans le champ proprement philosophique, il est surprenant d'observer qu'une si grande considération soit accordée à ce dernier. De même, en incluant dans sa généalogie historique du constructivisme des auteurs tels Protagoras, Ockam, Vinci, Vico, Valéry, Dilthey et plusieurs autres encore, Le Moigne dilue le sens de ce qu'est le constructivisme au point que nous devons nous demander si nous ne sommes pas tous des constructivistes !

B. Godin

---

**RAINSON S. (1996). *Superposition des champs électriques et causalité*. Thèse de doctorat, Université Paris 7.**

---

Dans le domaine de l'électricité, il y a peu d'études sur le raisonnement des étudiants en électrostatique en comparaison des recherches sur les circuits électriques, malgré le fait que l'électrostatique soit incluse dans les programmes de plusieurs pays dans le monde. Récemment, ont été publiées un certain nombre de recherches et de propositions relatives à la compréhension du concept de champ, à la modélisation microscopique et macroscopique des phénomènes électriques et à la relation entre l'électrostatique et l'électrodynamique. Ces études prennent, selon moi, deux directions principales : l'étude du raisonnement causal des étudiants et l'étude du raisonnement analogique, avec des propositions d'enseignement. La thèse de S. Rainson se

situe dans la première direction : elle est centrée sur l'étude du raisonnement analogique des étudiants en électrostatique, ainsi que sur le développement et l'évaluation d'une séquence d'enseignement visant à améliorer la compréhension du concept de champ électrique. Le public visé est constitué d'étudiants à la limite entre l'enseignement secondaire et l'enseignement supérieur.

Dans l'introduction de la thèse, la bibliographie qui concerne le sujet est analysée en même temps que sont présentées les raisons qui ont conduit au choix de l'électrostatique, et particulièrement à la superposition des champs électriques comme sujet de thèse. Ce qui est intéressant, c'est l'examen des recherches existantes basées sur la distinction entre «les états transitoires quasi-statiques / non quasi-statiques» aussi bien que sur «la simultanéité de la cause et de l'effet/ l'antériorité de la cause sur l'effet». L'auteur reconnaît également l'importance de traiter le problème complexe des états transitoires en relation avec le raisonnement causal des étudiants.

Dans les quatre chapitres suivants, sont présentées les caractéristiques du raisonnement des étudiants dans ce domaine, notamment celles qui concernent le principe de superposition. Le raisonnement selon lequel le «champ existe seulement s'il y a mouvement» et la lecture causale des formules, la compréhension du principe «oublié» de superposition et les hypothèses implicites concernant son enseignement, la relation entre le principe de superposition et le raisonnement «une cause, multiples conséquences – multiples causes, une conséquence», sont les résultats significatifs de recherche dans un domaine dont les aspects cachés viennent juste d'être étudiés à un niveau international.

Dans le cinquième chapitre sont analysés les manuels en ce qui concerne les caractéristiques ci-dessus, et la nécessité de quelques interventions pédagogiques est démontrée. Comme on pouvait s'y attendre, aucune des caractéristiques du raisonnement des étudiants évoquées ci-dessus n'est prise en compte explicitement ou implicitement, et il y a peu d'attention accordée à l'étude du principe de superposition.

Dans le chapitre six, une séquence d'enseignement d'électrostatique est présentée et évaluée. Dans le chapitre suivant, les conclusions de la thèse sont présentées et reliées aux questions initiales de la recherche.

La thèse est centrée sur l'étude des situations d'équilibre dans les chapitres qui concernent le raisonnement des étudiants. Dans la partie pédagogique, la thèse recoupe d'autres études publiées, lorsque l'attention des étudiants est portée sur l'étude des changements du système physique étudié (à cause de la redistribution des charges).

La séquence d'enseignement suggérée tente de surmonter le raisonnement linéaire causal des étudiants en donnant une teneur causale au principe de superposition (plusieurs causes, un effet – une cause, plusieurs effets). À ma connaissance cette intervention est originale à un niveau international. De même elle semble réalisable dans le contexte du programme actuel et cela est important. Des propositions comme celle-ci montrent une façon d'enseigner qui rend explicite les hypothèses tacites des modèles scientifiques et contribuent à l'élaboration de séquences d'enseignement basées sur la recherche aussi bien qu'au développement à long terme d'une théorie de l'enseignement des sciences basée sur leur contenu.

Les résultats de l'intervention pédagogique sont modestement favorables aux étudiants qui ont participé à la séquence novatrice présentée ci-dessus, montrant une efficacité limitée en ce qui concerne leur compréhension du principe de superposition. Les résultats révèlent aussi la difficulté des étudiants à appliquer leurs connaissances sur les circuits électriques pour développer des liens entre l'électrostatique et l'électrodynamique, problème qui doit être pris en compte par les professeurs et les chercheurs.

En conclusion, la thèse de S. Rainson est un travail de recherche très intéressant et bien conçu, qui contribue efficacement à nous faire comprendre le raisonnement des étudiants et les interventions pédagogiques appropriées dans le domaine de l'électrostatique.

D. Psillos

---

**ROSMORDUC J. (1996). *Histoire des sciences*. Paris, Hachette Éducation et CNDP, 160 p.**

---

Dès son introduction, Jean Rosmorduc positionne son ouvrage comme un "mémento" sur l'histoire des sciences, en remarquant la lacune qui existait jusqu'alors en ce domaine dans la littérature destinée aux enseignants. Le besoin de références à la construction historique du savoir dans l'enseignement d'une discipline est rappelé dans l'énoncé des récents programmes de sciences physiques, après une période d'absence, comme le rappelle N. Hulin dans un récent article du *Bulletin de l'Union des Physiciens*. L'entreprise que mène ici Jean Rosmorduc est donc tout à fait pertinente, et répond effectivement à un besoin chez les enseignants en poste et les jeunes en formation, d'autant que sa présentation rompt avec la méthodologie d'autres ouvrages qui préfèrent une approche diachronique, donc détachée des problèmes qui se posent réellement.

On peut regretter que dans une collection «Ressources Formation», dans laquelle on peut attendre de réels outils de formation, exploitables aussi bien auprès d'élèves que de jeunes enseignants, le mode de présentation reste un peu trop expositif. La lecture de l'ouvrage laisse un peu le sentiment d'avoir assisté à un très beau diaporama, succession d'images fixes, alors qu'on aurait aimé voir vivre les conflits et comprendre les choix (pas toujours justes) effectués, comme dans un film. Une telle forme d'appropriation du discours par le lecteur aurait été rendue possible par la présentation, dans le fil du texte, d'extraits de textes historiques décrivant ou analysant des situations expérimentales ou hypothétiques, sur lesquelles le(s) lecteur(s) aurai(en)t été interrogé(s), par exemple pour solliciter des débats scientifiques au sein des groupes-classe.

Néanmoins, l'enseignant qui désire mettre en œuvre de telles situations, dont on sait la richesse, trouvera de nombreuses ressources dans les quelques vingt pages de références bibliographiques, judicieusement proposées et présentées succinctement. Cette source

abondante est une des richesses de cet ouvrage, qu'à part quelques rares articles dans les revues de spécialistes, l'enseignant n'avait pas (et trouvera ici) à sa disposition. Toutefois, les références aux textes originaux sont essentiellement mentionnées dans les notes de fin de chapitre : il aurait pu être utile aux enseignants de les rassembler en une partie de la bibliographie qui, telle quelle, apparaît plus comme le rassemblement des points de vue de nombreux historiens. L'ouvrage se termine par un glossaire de quelques termes importants de l'histoire de la pensée scientifique. Il sera certainement une aide appréciée des lecteurs pour qui, par exemple, le phlogistique et le calorique ne sont plus que des curiosités. J. Rosmorduc montre bien dans le corps de son ouvrage le caractère moteur de certaines descriptions, même si elles n'ont plus cours aujourd'hui.

Mais l'intérêt le plus important de ce livre, la thèse développée tout au long de ces pages, est le caractère doublement dynamique de la construction des sciences. D'une part dans le sens où cette construction est continue, que son état actuel n'est qu'un instant dans une évolution. Pas plus, en cette fin de XX<sup>e</sup> siècle, qu'à celle du siècle précédent comme le pensaient de nombreux physiciens (et J. Rosmorduc le rappelle), la science n'est accomplie. Cette leçon est très utile à faire comprendre à nos élèves, et devrait contribuer à éviter aux citoyens une trop fréquente crédulité. On aurait pu attendre cependant une plus grande insistance sur la non linéarité de cette construction ; mais la fibre de J. Rosmorduc ne semble pas très bachelardienne... à moins que celle d'autres le soit trop !

La seconde dynamique repérée est le passage dans le temps d'une science réservée à quelques initiés, voire une science-spectacle, à une science sociale, au sens où les choix qui sont faits relèvent de plus en plus du domaine du politique («la vie de la cité»), quand ce n'est du militaire, et où les liens de plus en plus étroits avec la technique conduisent à en vulgariser les résultats de façon sans cesse accélérée.

Voilà deux directions de réflexion que l'histoire des sciences peut apporter à la culture scientifique et technique au travers de

l'enseignement, en revenant régulièrement sur le caractère non cumulatif des savoirs, et en pointant la liaison forte de la construction de ce savoir par les élèves avec les références sociales, même si l'exploitation qui en est parfois faite dépasse les intentions initiales des scientifiques (on notera toutefois que si le monde occidental a effectivement "produit" Taylor, le mythe Stokhanov a également existé...).

Malgré ces quelques points, que l'on aurait aimés détaillés ou exploités, il n'en demeure pas moins que ce "petit" livre (par la taille) présente une approche vivifiante de l'histoire des sciences (peut-être un peu trop physicienne, parfois un peu polémique... mais c'est ce qui crée le débat), dont beaucoup d'enseignants tireront profit pour trouver du sens et des applications à la demande exprimée par les commentaires des nouveaux programmes d'introduction d'éléments d'histoire aux différents niveaux de l'enseignement des sciences. Peut-être entendrions-nous autre chose, dans l'introduction des cours d'électricité, que «*Ohm était un physicien allemand...*» !

J. Toussaint

---

**ZIACA P.Y. (1995). *L'éducation à l'environnement pour les adultes à travers les médias*. Thèse d'état, Université Paris 7.**

---

Dans son introduction, Y. Ziaka souligne l'importance de l'éducation à l'environnement et définit l'objectif de sa recherche : amener des éléments de réponse à la question : «*dans quelle mesure la presse peut-elle jouer un rôle éducatif dans le domaine de l'environnement à l'intention du grand public ?*» C'est à partir du problème de la pollution de l'eau par les nitrates que l'étude sera menée.

Le chapitre 1 pose les éléments d'une problématique concernant l'étude des fonctions éducatives des médias de masse en matière d'environnement. Dans un premier paragraphe, des pratiques d'éducation à l'environnement pour les adultes sont citées. Dans un deuxième paragraphe, les médias de masse en tant que source de l'éducation à

l'environnement sont abordés. L'auteur pose alors la problématique de sa recherche :

- analyser, dans une perspective didactique, la structure et le contenu d'articles de presse concernant la pollution de l'eau par les nitrates, ceci afin de préciser la façon dont peut se faire la transmission de «messages» relatifs à l'environnement dans la presse écrite ;
- évaluer l'impact de ces messages sur les lecteurs.

Dans cette perspective, Y. Ziaka effectue une analyse intéressante et importante du contenu de 127 articles parus en 1990 dans 37 journaux. Cette analyse est orientée selon trois axes :

- le rapport à l'information : exposé des faits, prise en compte de la complexité de la situation, désignation des acteurs concernés ;
- les rapports à la science et à ce qui peut l'évoquer : vocabulaire et concepts scientifiques ;
- les éléments d'un argumentaire.

Le chapitre 2 (analyse du contenu informatif) permet de mettre en évidence un certain nombre de constantes présentes dans les divers articles : la mise en scène d'un conflit, l'élimination des facteurs déstabilisants de l'incertitude et des rapports sociaux, la valorisation du recours à la technique, l'importance du rôle des experts.

Le chapitre 3 (éléments scientifiques contenus dans les textes analysés) précise les termes-pivots qui renvoient à des concepts clés et les définitions des concepts scientifiques utilisés dans les divers articles. Le chapitre présente également des cartes conceptuelles de six articles, qui n'ajoutent pas d'éléments fondamentaux à la lecture des articles.

Pour ces deux chapitres, il aurait été intéressant de présenter l'analyse systématique d'un des articles. Cela aurait permis au lecteur de se rendre compte de la manière de procéder, des outils linguistiques utilisés et de la façon dont les termes-pivots ont été définis.

Le chapitre 4 analyse la trame argumentaire des articles. Dans cette perspective, l'auteur décrit les éléments du débat à propos de la pollution par les nitrates et traite ces données par une analyse factorielle des correspondances, afin d'identifier les représentations principales sous-jacentes aux arguments présentés. Les représentations ainsi dégagées sont intéressantes.

Une recherche en didactique ne peut faire l'économie du passage par un public. Dans cette perspective, Y. Ziaka analyse la réception du message environnemental de la presse par le lecteur (grand public). Pour cela, elle a effectué une dizaine d'entretiens en profondeur afin d'établir les questionnaires. Ceux-ci ont été proposés à trente personnes.

Dans sa conclusion, Y. Ziaka reprend des caractéristiques du message environnemental transmis par la presse, résume les impacts sur les lecteurs et propose des applications didactiques des résultats qu'elle a obtenus. On peut regretter que ces conclusions didactiques ne soient pas plus développées.

Le texte de cette thèse est clair, les liens entre les chapitres sont bien explicités. La recherche de Y. Ziaka présente une cohérence entre l'objectif de la recherche, les moyens mis en œuvre, l'analyse des résultats. L'intérêt d'une telle recherche réside principalement dans le fait qu'elle propose une grille de lecture applicable à d'autres problèmes d'environnement.

C. de Bueger Vander Borgh

# PROJET DE RECHERCHE EUROPÉEN

## Un projet européen de recherche sur l'enseignement scientifique «Improving Science Education : Issues and Research on Innovative Empirical and Computer-Based Labwork in Europe<sup>1</sup>»

En 1995, la Communauté Européenne lançait un appel d'offres dans le domaine des sciences humaines et sociales, incluant l'enseignement. De nombreuses équipes de recherche profitèrent de cette occasion pour collaborer et faire ensemble des propositions de projets communs. 5 % d'entre eux furent retenus dont un, seulement, en enseignement des sciences. Celui-ci comprend la France comme coordinateur, l'Allemagne, la Grande-Bretagne, la Grèce, l'Italie et le Danemark comme contractants, soit 38 membres au total, qui sont financés par l'Union Européenne jusqu'en 1998.

Au centre de ce projet, on trouve le rôle de l'expérimentation dans l'enseignement des sciences. Les sept groupes contractants travaillent donc sur les objectifs suivants :

- conceptualiser la place des travaux pratiques dans l'enseignement scientifique, en identifiant les aptitudes qu'ils sont susceptibles de promouvoir chez les étudiants ;
- produire des matériels pédagogiques illustrant des approches propres aux travaux pratiques permettant de promouvoir des aptitudes spécifiques ;
- élaborer une grille de critères d'efficacité des travaux pratiques permettant de rendre compte de l'acquisition de ces aptitudes.

---

1 «Améliorer l'enseignement des sciences : enjeux et recherches sur des approches innovantes, empiriques et informatisées des travaux pratiques en Europe.»

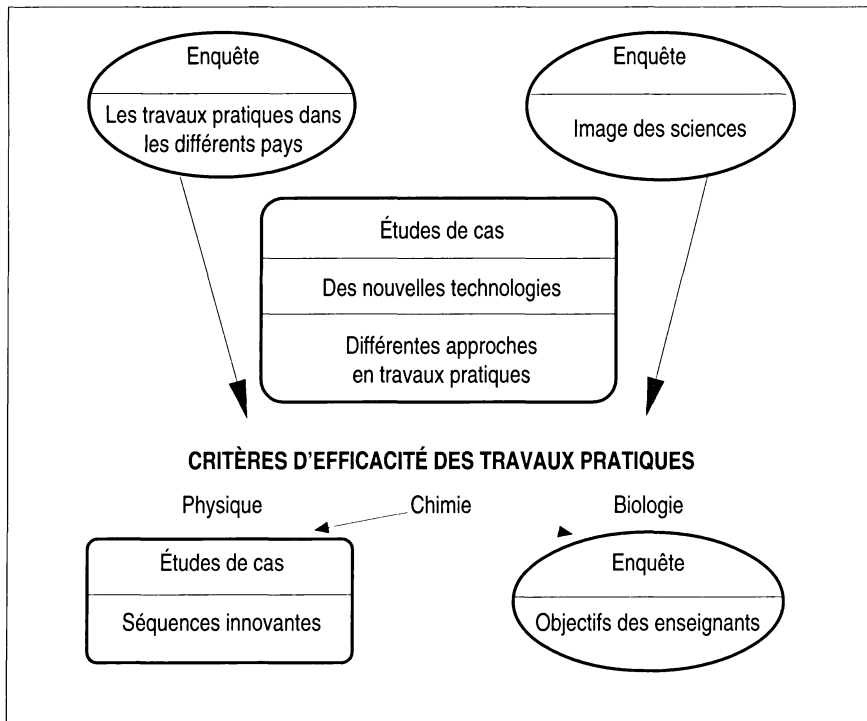


Ainsi les principales activités prévues sont :

- des études comparatives des approches existantes des travaux pratiques dans les six pays impliqués ; un outil de description est mis en place pour permettre la prise en compte des différentes dimensions de l'expérience dont l'enseignement peut se servir ;

- des enquêtes sur les images qu'ont les professeurs et les étudiants à propos des sciences (méthodes, résultats, évolution, dimension sociale...), dans la mesure où elles influencent le comportement en travaux pratiques, l'organisation des tâches et de l'activité ;

- deux séries d'études de cas permettant de mieux connaître les processus d'apprentissage des étudiants, selon les différentes modalités de travaux pratiques, et pour étudier les outils que proposent les nouvelles technologies dans l'élaboration de modèles, la simulation, le recueil et l'analyse de données.



Au total, cette recherche contribuera à l'élaboration d'une grille pour juger des travaux pratiques. Celle-ci sera validée à travers deux séries d'activités, d'une part l'évaluation d'un certain nombre de séquences d'enseignement innovantes, d'autre part la comparaison des objectifs exprimés par les enseignants avec ce qui peut être effectivement réalisé, et ceci dans les six pays européens concernés.

**Marie-Geneviève SÉRÉ**  
**Coordinateur de projet : «Labwork in Science Education»**  
**Groupe DidaScO, Université Paris 11**