

**Entre réussir et comprendre ou  
de l'effet des consignes opératoires  
sur la compréhension  
des procédures de mesurage  
en TP de physique  
de premier cycle universitaire**

**Between succeeding and understanding  
or about the effect of written  
instructions on the understanding  
of procedure of measurement  
by physics students during the first  
two years of University**

**Michel BENEY**

UFR Sciences et Techniques  
Université de Bretagne Occidentale  
6 avenue le Gorgeu, 29200 Brest, France.  
DidaScO/LIREST Bâtiment 333, Université Paris XI  
91405 Orsay cedex, France.

**Marie-Geneviève SÉRÉ**

DidaScO/LIREST Bâtiment 333, Université Paris XI  
91405 Orsay cedex, France.

## **Résumé**

*Ce travail pose le problème de la compréhension des consignes opératoires par les étudiants quand ils exécutent des TP et donc de l'adéquation entre la représentation qu'ils construisent de la situation expérimentale qui leur est donnée et du guidage qui leur est proposé. Nous partons de l'exemple de trois TP de physique de deuxième année d'Université ; ces TP sont des TP classiques pour lesquels les étudiants sont entièrement guidés par des consignes opératoires. Nous avons isolé une activité particulière que l'on retrouve dans la plupart des TP : l'activité de mesurage. Nous montrons que les étudiants s'approprient les consignes en construisant une représentation de ce qu'il faut faire basée sur leurs connaissances relatives au mesurage (connaissances formées lors d'activités antérieures) et sur des connaissances de physique plus ou moins pertinentes. C'est cette représentation des tâches qui leur sert de référent empirique. Ceci pose le problème du transfert des connaissances apprises dans des contextes particuliers.*

**Mots clés :** TP de physique, procédures de mesurage, représentation, guidage, scénario.

## **Abstract**

*This study focuses on the way undergraduate students understand the written instructions provided to them when they carry out labworks in physics ; it, thus, raises the question of adequacy between their own representation of the experimental problem to be solved and the instructions provided to them. From three classical labworks proposed to students in physics over their second year at university we focused on a classical activity which consists in measuring one or several parameters following written instructions. This activity is, indeed, part of most practical sessions. We show that students interpret instructions through a representation of what they think they have to do which depends on their own knowledge about what a measurement ought to be as well as from their own knowledge of fundamentals in physics. In doing so, they try to build a context for their practical activity. This raises the question of the transfer of knowledge acquired within in specific contexts.*

**Key words :** physics labwork, measurement processing, situated understanding, representation, written instructions.

## **Resumen**

*Este trabajo plantea el problema de la comprensión de las consignas operatorias por parte de los estudiantes cuando ejecutan los TP y por consiguiente la adecuación entre la representación que ellos construyen*

*de la situation expérimentale que le es dada y la guía que le es propuesta. Partimos del ejemplo de tres TP de física de segundo año de Universidad ; esos TP son los TP clásicos en los cuales los estudiantes son guiados por medio de consignas operatorias. Aislamos una actividad particular que se encuentra en la mayoría de los TP : la actividad de la medida. Mostramos que los estudiantes se apropian de las consignas construyendo una representación de lo que es necesario hacer basado en los conocimientos relativos a la medida (conocimientos formados a partir de actividades anteriores) y sobre conocimientos de física más o menos pertinentes. Es esta representación de actividades que le sirve de referente empírico. Plantea el problema de la transferencia de conocimientos aprendidos en contextos particulares.*

**Palabras claves :** *TP de física, procedimiento de medidas, comprensión en situación, representación, guía.*

## 1. INTRODUCTION

Parmi les recherches qui se sont intéressées aux apprentissages en travaux pratiques (TP) de physique, nous pouvons distinguer :

– les études qui portent sur la mise en place de situations *ad-hoc* afin de faire apprendre des connaissances spécifiques liées à l'activité expérimentale (Reif, 1979 ; Séré et al., 1993 ; Guillon, 1996). L'idée de ces auteurs est de proposer aux étudiants des situations qui leur permettent de former des connaissances généralisables qui pourront être transférées à d'autres situations expérimentales. Pour Reif, il s'agissait de faire apprendre des méthodes de mesurage. Pour Séré, l'expérimentation servait de base à un enseignement spécifique : le traitement statistique des mesures. Pour Guillon, il s'agissait de faire apprendre des démarches scientifiques. Ces études analysent l'effet de ces activités sur les étudiants, et donc les productions des étudiants (« en sortie »), mais elles ne pointent pas spécifiquement sur ce que les étudiants comprennent et interprètent de ce qu'il faut faire. Dans ces études l'idée est que, si l'étudiant fait ce qu'on lui demande, il formera des connaissances transférables à d'autres situations expérimentales, c'est-à-dire des connaissances applicables dans différents contextes ;

– les études qui ont porté sur les mécanismes cognitifs des étudiants quand ils expérimentent (Millar, 1996 ; Pateyron, 1997 ; Séré & Beney, 1997 ; Welzel, 1998 ; Beney, 1998 ). Ces études montrent que les étudiants ont recours à des connaissances *a priori* pour interpréter ce qu'il faut faire ; ces

connaissances interviennent dans la compréhension et la réussite des TP. Ainsi, même un guidage contraignant sous forme de consignes ne les empêche pas de formuler des buts différents de ceux prévus par le guidage.

Des auteurs (Clément, 1998 ; Lefèvre & Allevy, 1998) ont souligné que les connaissances activées par les étudiants dépendent des situations problèmes qui leur sont proposées : d'un point de vue cognitif, les connaissances ne forment pas un ensemble stable et rigide : elles peuvent être rappelées par morceau, être déformées et modifiées en fonction de l'activité.

Une étude (Fondère et al., 1998) a souligné le caractère singulier et particulier de chaque TP : le choix du matériel et le choix du protocole expérimental sont liés aux modèles physiques choisis pour décrire les phénomènes.

Ces situations particulières constituent alors le référent empirique (Martinand, 1992) à partir duquel les étudiants vont fabriquer et activer des connaissances. La phase de construction de ce référent est importante car elle conditionne la phase de modélisation. Or au cours d'un TP guidé, les consignes opératoires contribuent largement à délimiter ce référent empirique : les étudiants ont à agir dans un espace contraint. La question reste posée de caractériser la façon dont les étudiants construisent ce référent à partir de la représentation qu'ils ont de ce qu'il faut faire (et des objets qu'il faut utiliser) et de la représentation *a priori* qu'ils ont de ce qu'est un mesurage (activité que l'on retrouve dans la plupart des TP).

Des psychologues de la cognition située (*situated cognition*) ont mis en avant l'importance du contexte et de l'action dans l'activation et la formation des connaissances. Ainsi, Lave (1988) remarque que les élèves n'ont pas les mêmes performances suivant qu'ils ont à faire à des situations familières ou bien scolaires. Roth (1996) définit le contexte comme étant l'ensemble de l'information qui est nécessaire à la compréhension d'une tâche mais qui n'est pas explicité : c'est tout ce que l'on ne dit pas parce que « cela va sans dire ».

À partir de ces constats, on peut se poser la question de savoir si les étudiants font bien ce que l'enseignant attend d'eux. Une autre façon de poser le problème est de connaître la représentation que les étudiants ont de ce qu'il faut faire. Pour cette étude nous partirons de TP dans lesquels :

- les étudiants sont guidés par des consignes opératoires (donc des TP pour lesquels les tâches sont circonscrites) ;
- l'activité a un aspect familier (c'est-à-dire correspond à ce que les étudiants ont l'habitude de faire).

Nos questions de recherche seront les suivantes.

Comment les étudiants comprennent-ils ce qu'il faut faire et plus particulièrement comment se réapproprient-ils les consignes en fonction de leurs propres connaissances ?

Comment cette réappropriation influe-t-elle sur la réussite de l'activité et sur la compréhension des procédures de mesurage ?

*Remarque : nous ne parlerons pas ici des difficultés liées à une surcharge cognitive lorsque les étudiants ont à réinvestir des savoir-faire connus lors de l'exécution d'une tâche complexe.*

Les TP concernés sont des TP classiques, c'est-à-dire des TP pour lesquels les étudiants disposent d'un polycopié qui leur donne les rappels théoriques, la description du matériel utilisé et des consignes opératoires. Ces TP n'ont pas été modifiés à des fins de recherche, nous les avons pris tels qu'ils existent et fonctionnent à l'université.

Nous avons centré notre étude sur une activité particulière : l'activité de mesurage dans trois TP dont le contenu conceptuel est très différent.

Les étudiants concernés par notre étude sont des étudiants scientifiques de deuxième année d'Université (DEUG MIAS : Mathématiques, Informatique et Applications aux Sciences ; DEUG SM : Sciences de la Matière). Ce sont donc des étudiants qui sont engagés dans des études de physique et qui ont déjà fait de nombreux TP dans leur scolarité.

## 2. DESCRIPTION DES SITUATIONS EXPÉRIMENTALES

### 2.1. Les trois TP concernés

***Remarque : on trouvera en annexe une description des TP et des consignes opératoires concernant les activités de mesurage.***

Les trois TP concernent des domaines de la physique très différents.

#### ***Mesure d'un champ d'induction magnétique***

L'objectif de ce TP est d'apprendre une méthode particulière (méthode du fluxmètre) pour mesurer un champ d'induction  $B$  et de vérifier deux lois liées au magnétisme (valeur du champ créé par un solénoïde parcouru par un courant d'intensité  $I$  et le théorème d'Ampère). Pour cela, les étudiants disposent d'une petite bobine circulaire reliée à un galvanomètre balistique. Cette petite bobine peut être déplacée à l'intérieur

du solénoïde. Le principe de la mesure consiste à annuler l'intensité  $I$  qui circule dans le solénoïde, l'annulation du champ  $B$  qui en résulte s'accompagne d'une variation du flux à travers la surface de la petite bobine. Il apparaît alors une force électromotrice et un courant circule dans le circuit constitué par la bobine et un galvanomètre balistique. Les étudiants disposent d'une formule (démontrée dans le photocopié) qui relie la valeur de la charge électrique qui a circulé dans la petite bobine à la valeur du champ  $B$ . En mesurant la charge à l'aide du galvanomètre balistique, ils peuvent donc en déduire la valeur de  $B$ . L'utilisation du galvanomètre balistique rend nécessaire d'annuler l'intensité  $I$  (donc la valeur de  $B$ ) rapidement.

### ***Mesure de la vitesse de la lumière (C)***

L'objectif de la séance est de mesurer la vitesse de la lumière dans différents milieux en utilisant plusieurs méthodes de mesurage. La source lumineuse est une diode électroluminescente dont l'intensité est modulée. Le faisceau lumineux émis passe à travers une première lentille qui le transforme en un faisceau de lumière parallèle. Ce faisceau est réfléchi par un ensemble de deux miroirs afin d'être renvoyé sur une seconde lentille qui le fait converger sur une photodiode. Cette photodiode produit alors un signal de même fréquence que le signal lumineux mais qui présente un déphasage par rapport au signal émis. Ce déphasage est fonction du trajet parcouru par la lumière et, en le mesurant avec un oscilloscope, on en déduit le temps que la lumière a mis pour parcourir ce trajet et donc la vitesse de la lumière (en mesurant le trajet parcouru par la lumière).

### ***Mesure des transferts de chaleur par convection (Q)***

L'objectif de ce TP est de mesurer la valeur de la quantité de chaleur transférée à l'air par convection par une plaque chauffante. La méthode de mesurage est indirecte : au lieu de mesurer l'énergie transférée par convection, on mesure l'énergie qu'il faut fournir à la plaque pour compenser l'énergie perdue par la plaque à cause de la convection. Pour ce faire l'étudiant doit fixer une température pour la plaque chauffante à l'aide d'un thermostat. Quand la température de la plaque atteint cette valeur, le thermostat coupe l'alimentation électrique de la plaque ; la température de la plaque diminue jusqu'à une valeur seuil (imposée par le thermostat), et une fois cette température atteinte, le thermostat « referme » le circuit électrique qui alimente la plaque. Un courant électrique circule alors dans la plaque et la température de celle-ci augmente à nouveau.

En mesurant l'énergie électrique qui a été fournie à la plaque pendant la phase de chauffage (à partir de la mesure de la tension électrique

appliquée aux bornes de la plaque, de l'intensité qui y circule et du temps pendant lequel le courant a circulé), l'étudiant en déduit l'énergie que la plaque a perdue en se refroidissant. Cette « perte » d'énergie est due aux phénomènes de convection et de rayonnement.

La plaque est peinte en noir afin de pouvoir calculer la quantité d'énergie rayonnée par la plaque connaissant la loi du rayonnement du corps noir. En soustrayant cette valeur (due au rayonnement) à la valeur mesurée de l'énergie totale échangée entre la plaque et l'air (par convection et par rayonnement), l'étudiant calcule la valeur de l'énergie échangée sous forme de convection.

## 2.2. Le guidage proposé aux étudiants

Le guidage des actions à mener est donné sous forme de consignes écrites. Ces consignes portent sur les différentes étapes de l'exécution des procédures de mesurage.

Certaines consignes conduisent directement à une action (par exemple : « *annuler l'intensité I en ouvrant l'interrupteur K* »). D'autres consignes ne sont pas directement exécutables : elles désignent un but qu'il faut décomposer en sous-buts avant de les exécuter (par exemple : « *mettez les deux courbes en phase* » sans préciser comment il faut le faire).

Peu d'informations sont données sur les raisons qui ont amené le concepteur de TP à utiliser tel type de matériel ou bien telle procédure particulière de mesurage, nous dirons que peu d'informations sont données sur ce qui constitue la pratique de la science (Ryder & Leach, 1999).

Les manipulations sont faites pour fonctionner et le guidage est là pour amener l'étudiant à la réussite, cela fait partie du contrat didactique (Brousseau, 1986). La situation proposée aux étudiants est simplifiée : on ne s'appesantit pas sur les problèmes liés aux conditions de faisabilité d'un mesurage (c'est-à-dire ce qui rend la mesure possible), parce que soit les problèmes sont supposés connus soit l'enseignant considère que ce n'est pas un objectif d'apprentissage.

**Le guidage qui est proposé aux étudiants suppose qu'ils vont construire un référent empirique indépendant des problèmes de faisabilité.**

### 3. ANALYSE A *PRIORI* DES PROCÉDURES DE MESURAGE MISES EN ŒUVRE DANS CES TP

#### 3.1. Ce qui est commun aux trois TP

On peut distinguer deux méthodes de mesurage dans ces trois TP :

- *une première méthode pour laquelle les actions de mesurage portent sur le récepteur de l'effet produit.*

**Pour la mesure d'un champ d'induction B**, on provoque une variation de flux à travers la surface d'une petite bobine et on mesure la quantité de charge qui circule alors dans cette petite bobine. La mesure porte sur l'effet produit par la variation de flux (c'est-à-dire la circulation d'une charge).

**Pour la mesure de la vitesse de la lumière**, une première méthode (que nous noterons  $C_1$ ) consiste à déplacer les miroirs (et donc à changer la distance parcourue par la lumière) et ensuite à mesurer l'effet produit sur le décalage des deux sinusoïdes (décalage qui permet d'en déduire le temps de parcours de la lumière) ;

- *une deuxième méthode pour laquelle les actions de mesurage portent sur la cause qui produit l'effet.*

**Pour la mesure de la quantité de chaleur** transférée par convection, on ne mesure pas directement la quantité d'énergie échangée par convection mais la quantité d'énergie qu'il faut fournir pour compenser cette perte d'énergie.

**De même pour la mesure de la vitesse de la lumière**, une seconde méthode (que nous noterons  $C_2$ ), consiste à déplacer les miroirs jusqu'à ce que les deux sinusoïdes qui apparaissent sur l'écran de l'oscilloscope soient en opposition de phase. Dans ce cas on mesure ce qu'il faut faire (distance dont il faut déplacer les miroirs) afin d'obtenir un effet connu (ici : obtenir deux courbes en opposition de phase).

#### **En résumé :**

Dans la première méthode, les actions sont organisées selon une même logique d'action : l'appareil de mesure est identifiable et **le mesurage porte sur le récepteur** où se produit l'effet . Nous dirons que les activités liées au mesurage sont **organisées autour d'un même scénario** que nous nommerons ici : **scénario 1**.

Dans la seconde méthode, la logique d'action est la suivante : le **mesurage porte sur la source** de l'effet (et ce que fait l'expérimentateur afin obtenir un effet donné). Nous dirons que les activités liées au mesurage sont **organisées autour d'un même scénario : le scénario 2.**

### 3.2. Ce qui est particulier à chaque TP

Comme nous l'avons souligné (§ 2.2.), pour chacun de ces TP, les aspects techniques concernant la faisabilité (c'est-à-dire ce qui rend la mesure possible) ne sont pas explicités. Il s'agit de faire exécuter par les étudiants des procédures de mesurage qui mettent en œuvre des phénomènes particuliers de la physique. Pour ces trois TP, plusieurs procédures de mesurage sont utilisées :

– pour la mesure du champ B : on mesure une grandeur indépendante du temps (B) à partir d'un phénomène qui dépend du temps (le phénomène d'induction magnétique). Le signal à mesurer est amplifié (la charge qui traverse la petite bobine) pour améliorer la précision de la mesure. Pour cela on utilise une bobine détectrice de grande taille (de façon à ce que la valeur de la charge qui y circule soit plus importante) ;

– pour la mesure de la vitesse de la lumière : la mesure de la distance parcourue par la lumière est obtenue par la différence de mesure entre deux positions connues des miroirs, cette procédure permet de mesurer avec précision la distance parcourue par la lumière quel que soit le milieu matériel que l'on interpose entre l'émetteur et le récepteur. Les temps sont mesurés en comparant la valeur mesurée avec la valeur connue de la période du signal prise comme référence (l'oscilloscope n'étant pas juste, cela évite de procéder à son étalonnage) ;

– pour la mesure de la quantité de chaleur transférée à l'air par convection : l'énergie totale échangée entre la plaque et l'air est mesurée par une procédure de compensation : on mesure l'énergie qu'il faut fournir à la plaque pour maintenir sa température dans un intervalle donné. L'énergie totale qui est mesurée dépend de deux phénomènes (convection et rayonnement). Pour connaître la part d'énergie échangée par la plaque par seulement un des deux phénomènes (la convection), on modélise l'autre phénomène (ici le rayonnement) par le modèle du rayonnement du corps noir.

Nous résumons la description, l'analyse des situations expérimentales et le type de guidage proposé aux étudiants à l'aide du tableau 1.

Nature du TP	Type de scénario sur lequel est basée la méthode de mesurage utilisée	Type de guidage : consignes liées à des actions directement exécutables ou non	Procédure de mesurage mise en œuvre
<b>B</b>	scénario 1	oui	<ul style="list-style-type: none"> <li>• amplification d'une grandeur</li> <li>• mesure d'une grandeur indépendante du temps</li> </ul>
<b>C1</b>	scénario 1	non	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mesure d'une grandeur par différence</li> </ul>
<b>C2</b>	scénario 2	oui	<ul style="list-style-type: none"> <li>• comparaison de la mesure avec une valeur connue prise comme référence</li> </ul>
<b>Q</b>	scénario 2	non	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maîtrise d'un phénomène quand plusieurs interviennent</li> <li>• mesure par compensation</li> </ul>

Tableau 1 : **Analyse des actions pour les différents TP**

**Remarque : les étudiants ne connaissent pas a priori les procédures de mesurage qu'on leur fait appliquer.**

## 4. LES DONNÉES RECUEILLIES

### 4.1. Entretien avec les étudiants en fin de séance

Nous avons vu que les consignes opératoires renvoient à des connaissances sur la faisabilité et que les procédures de mesurage s'appuient sur deux scénarios différents concernant les méthodes de mesurage. Nous avons cherché à savoir si, au cours de leur activité manipulative, les étudiants :

- se sont servis de connaissances sur la faisabilité pour comprendre les consignes opératoires ;
- utilisent un scénario concernant les méthodes de mesurage ;
- mettent en œuvre les connaissances et les scénarios qui sont implicitement mis en œuvre dans les TP.

Pour cela nous avons interviewé les étudiants à la fin de leur séance de TP. L'interview était du type semi-directif de façon à ce que les étudiants évoquent ce qu'ils ont réellement vécu au cours de leur travail (sans attirer leur attention sur telle ou telle partie de leur activité).

Chaque interview commençait par la question : « *Expliquez ce qu'il faut faire et pourquoi on fait comme cela, comme si vous deviez l'expliquer à un autre étudiant* ».

Chaque entretien a duré quinze minutes et les étudiants étaient prévenus en début de séance qu'ils seraient interviewés à la fin de la séance. Chaque étudiant a été volontaire pour participer à une telle expérience. Les entretiens ont été entièrement enregistrés au magnétophone et retranscrits juste après la passation de façon à pouvoir noter tous les événements non verbalisés qui sont intervenus au cours de l'entretien et afin de préciser la signification de certains gestes. **Six entretiens ont été réalisés pour chacune des manipulations. Soit un total de dix huit entretiens** (les étudiants interviewés ont été différents pour chacune des trois manipulations).

## 4.2. Questionnaire sur les procédures

Afin de tester ce que les étudiants ont compris des différentes procédures de mesurage utilisées au cours des trois différentes manipulations (et ce en relation avec leurs connaissances sur la faisabilité et leur scénario concernant la méthode de mesurage), nous avons fait passer aux étudiants un questionnaire en fin de séance. Les étudiants qui ont été questionnés ne sont pas les mêmes que ceux qui ont été interviewés. Soixante deux étudiants ont répondu au questionnaire sur la mesure de la vitesse de la lumière (C), soixante étudiants au questionnaire sur les échanges de chaleur (Q), cinquante sept étudiants au questionnaire sur la mesure d'une induction magnétique (B).

Nous avons établi ce questionnaire en posant des questions qui font directement référence aux manipulations que les étudiants venaient d'accomplir, les questions sont donc très fortement contextualisées.

## 5. RÉSULTATS

### 5.1. Les actions sont représentées comme étant organisées autour d'un scénario typique

Des questionnaires et des interviews, il ressort que le scénario 1 est le plus utilisé par les étudiants pour se représenter ce qu'il faut faire et ce qui se passe pendant les expérimentations guidées (les actions sont représentées comme devant être organisées autour de ce scénario). Ce scénario est un obstacle à la compréhension de ce qu'il faut faire lorsque la procédure de mesurage s'appuie sur le scénario 2

Ceci apparaît au moment de l'exécution lorsque les consignes ne sont pas directement exécutables. C'est le cas de la manipulation sur les transferts de chaleur pour laquelle le scénario1 est utilisé à la place du scénario 2 comme l'indique ce dialogue :

interviewer : « *Qu'est-ce qu'on essaye de connaître ici* »

étudiant 1 : « *La qualité de la plaque chauffante* »

étudiant 2 : « *Sa capacité à retenir la chaleur* »

étudiant 3 : « *Le but c'est de donner à un corps à une certaine température de l'énergie et puis de regarder en combien de temps il va la dissiper... on a sa température et on lui donne une certaine énergie et on va regarder en combien de temps il va falloir pour la perdre* ».

On voit ici que la représentation des étudiants est centrée sur la plaque (qui joue alors le rôle de récepteur) et que leur représentation commune de ce qu'il faut faire est organisée autour du scénario 1 : on « donne » de l'énergie (par l'intermédiaire d'une source) à la plaque et on « mesure l'effet produit ». La manipulation est alors comprise comme se déroulant en deux temps : chauffer la plaque puis mesurer en combien de temps elle se refroidit ; le mesurage est compris par ces étudiants comme se faisant sur la plaque, siège d'un effet, alors que le mesurage doit porter sur la source.

**Ceci apparaît aussi lors de l'exécution lorsque les consignes sont directement exécutables.**

Dans le cas de la mesure de la vitesse de la lumière par la deuxième méthode, lors des interview, aucun étudiant n'est capable de rappeler la procédure de mesurage (que nous avons désignée par C2). Nous avons noté par exemple ce dialogue après la séance et à propos de la deuxième méthode :

interviewer : « *C'est quoi la deuxième méthode ?* »

étudiant 4 : « *C'est avec l'ellipse on met une droite au début et ensuite on cherche l'ellipse inverse en déplaçant ...* »

interviewer : « *Et ça permet de mesurer la vitesse de la lumière ?* »

étudiant 4 : « *Oui vu qu'on a la durée de balayage on peut avoir la demi phase... non non on n'a pas le nombre de carreaux sur l'ellipse* » (elle dit ne plus se rappeler).

Cette étudiante confond la première méthode avec la seconde, la première méthode s'appuyant sur le scénario1 visiblement plus facile à mémoriser que le scénario 2.

## 5.2. Les étudiants interprètent les consignes en adaptant leurs connaissances à la situation expérimentale

Ces connaissances correspondent :

- à une représentation qu'ils ont de ce que doit être une mesure et se réfèrent à des connaissances liées à la faisabilité ;
- à des connaissances de la physique pour rendre cohérente cette représentation.

Elles peuvent constituer des détours pour comprendre ce qu'il faut faire et s'opposer à la compréhension des procédures.

### 5.2.1. Dans un mesurage on fait en sorte d'augmenter la précision d'une mesure

**À propos de la mesure d'un champ d'induction**, des étudiants considèrent que l'interrupteur (pour faire varier l'intensité dans le solénoïde) est utilisé pour :

- « ... avoir des déviations grandes (du spot du galvanomètre)... (comme cela) on pourra mieux lire ce sera plus précis » ;
- « ... faire passer la valeur de  $I$  (l'intensité) de la valeur  $I$  à la valeur  $0$  sans intermédiaire comme ça il n'y a que deux valeurs ».

**Alors que** cet interrupteur est lié à l'utilisation de l'appareil de mesure (il permet d'utiliser le galvanomètre balistique en réponse impulsionnelle) et non pas au choix des valeurs.

**À propos de la mesure de la vitesse de la lumière**, à la question : « pourquoi utilise-t-on un faisceau de lumière parallèle ? », on a pu trouver les réponses suivantes :

- « ... pour que le chemin soit le même de chaque côté » ;
- « ... pour que la mesure des distances soit plus précise » ;
- « Au début (réglage du faisceau parallèle), on met les miroirs loin pour avoir une précision plus grande ».

**Alors qu'il** faut faire un faisceau de lumière parallèle pour pouvoir déplacer les miroirs sans avoir à refaire les réglages optiques à chaque fois.

**À propos des transferts de chaleur**, cette conception qu'il faut tout faire pour rendre une mesure précise, se traduit par « il faut éviter les pertes ». Ainsi à la question « pourquoi utilise-t-on une plaque noire ? », nous avons pu noter les réponses suivantes :

- « ... *parce qu'une plaque noire capte toute l'énergie qu'on lui donne* (et il n'y a donc pas de pertes) » ;
- « ... *pour supprimer les échanges d'énergie* » (alors que la manipulation porte sur les transferts d'énergie).

L'idée dominante est qu'il faut tout faire pour qu'il y ait le moins de pertes possible et que toute « l'énergie fournie » soit entièrement transmise à la plaque. C'est ainsi que pour certains étudiants la plaque noire est utilisée parce que « *elle absorbe l'énergie qu'elle reçoit* ». **Alors que** la plaque est noircie pour pouvoir modéliser le rayonnement du corps noir.

### **5.2.2. On doit faire en sorte de faciliter les conditions de mesure**

#### **À propos de la mesure d'un champ d'induction**

On utilise une résistance car elle permet de « ... *pouvoir lire plus facilement cette déviation* ». **Alors que** la valeur de R est choisie en fonction des conditions d'utilisation du galvanomètre balistique.

On mesure une charge parce que c'est : « *Plus facile à mesurer car c'est rapide et on n'a pas le temps de mesurer le courant* ». **Alors que** cela fait partie d'une procédure de mesurage. Ou bien « *On a choisit le calibre (du galvanomètre) qui permet de lire plus facilement les déviations* ».

#### **À propos de la mesure de la vitesse de la lumière**

« *On nous dit de mettre (le calibre à l'oscilloscope) sur 1 $\mu$ s parce que c'est plus facile à lire* ».

Ou bien à propos d'une consigne sur la position des miroirs :

« *On met à un mètre pour pouvoir simplifier les calculs* ». **Alors que** c'est pour pouvoir appliquer une procédure de mesurage par différence au cas d'un tube qui a une longueur de un mètre.

Ces justifications sont fausses et ne correspondent pas aux raisons pour lesquelles les consignes ont été données.

Une erreur fréquente consiste à disposer la face d'entrée des différents milieux dans lesquels on mesure la vitesse de la lumière « *juste sur le zéro de la règle graduée* » parce que « *toutes les mesures démarrent à zéro* ».

#### **À propos des transferts de chaleur**

Cette conception de la facilité se traduit par une condition pratique sur la faisabilité : l'utilisation du régulateur est compris comme permettant que la plaque ne « ... *soit pas chauffée indéfiniment* ».

### **5.2.3. Des critères de décision sur la prise en compte des différentes grandeurs se sont constitués**

Nous avons trouvé des critères concernant la comparaison des grandeurs.

#### **À propos de la mesure d'un champ d'induction**

Quand on pose la question de savoir si l'épaisseur de la petite bobine (qui sert de détecteur) est un facteur qui joue sur la mesure, on trouve des réponses comme :

- « *l'épaisseur de la bobine est très petite par rapport à sa surface* » ;
- « *l'épaisseur est faible et c'est le milieu de  $b$  (la petite bobine) qui est pris en compte* ».

Ces critères sont appliqués indépendamment du contexte dans lequel se fait la mesure : une grandeur est négligeable si elle est « petite » par rapport à une autre.

#### **À propos de la mesure de la vitesse de la lumière**

- « *on place les miroirs à un mètre parce que c'est assez loin pour faire une bonne approximation* » (à propos de la mesure de la distance parcourue par la lumière).
- « *si on place les miroirs le plus près possible du bloc de résine on pourra négliger le trajet supplémentaire dans l'air* ».

#### **À propos des transferts de chaleur**

- « *on a pris toutes les valeurs et on a fait une moyenne puisque les fluctuations entre les valeurs sont petites* ».

De tels critères permettent d'avancer dans l'exécution des consignes mais sont trop simples (« les valeurs sont petites ») pour être vraies quelles que soient les situations. En particulier ici, de tels critères empêchent l'étudiant de réfléchir à ce qu'est un régime permanent.

### **5.2.4. Des connaissances de la physique rendent cohérente la représentation de ce qu'il faut faire**

Nous avons vu que les étudiants tentent de donner du sens à ce qu'il faut faire à partir d'un scénario type et de connaissances de physique plus ou moins adaptées. Ainsi, dans le cas de la mesure d'une induction magnétique, des étudiants comprennent que l'on fait circuler un courant électrique d'intensité  $I$  dans le solénoïde afin de :

- « ... charger la bobine... » parce que « ça fait penser au condensateur... qui se décharge petit à petit dans le temps comme B qui va diminuer dans le temps aussi ».

Cette représentation ne correspond pas à ce qui se passe, mais elle permet d'agir et de réussir à manipuler.

Par contre dans le cas des transferts de chaleur une telle représentation constitue un obstacle à la réussite et à la compréhension de la manipulation ; c'est par exemple le cas quand un étudiant dit : « ... c'est comme si on chargeait la plaque et après on regarde en combien de temps elle se décharge ».

De même ces connaissances, plus ou moins pertinentes, permettent de donner du sens aux conditions de faisabilité de la mesure. Ainsi, à propos des transferts de chaleur, l'idée qu'il faut tout faire pour qu'il y ait le moins de pertes possible est associée à des connaissances sur l'énergie avec par exemple :

- « Une plaque noire capte beaucoup d'énergie sans la disperser » ;
- « (une plaque noire) c'est une plaque qui émet toute l'énergie qu'elle a absorbée... toute l'énergie qu'on lui donne elle va la rendre en intégral ».

Ou bien on fait en sorte d'éliminer les échanges d'énergie par rayonnement parce que : « un corps noir rayonne très peu le rayonnement est faible donc on peut prendre les résultats comme s'il y avait de la convection seulement ».

### 5.3. La compréhension des procédures de mesurage

Afin de tester la compréhension que les étudiants ont des différentes procédures de mesurage qu'ils ont utilisées, nous leur avons posé des questions écrites sur les différentes procédures mises en œuvre dans ces trois TP.

Nous avons vu que, pour chaque manipulation, existaient plusieurs procédures. Nous ne prendrons en compte ici qu'une seule procédure par TP.

**Remarque : On trouvera en annexe les questionnaires correspondant aux procédures qui sont prises en compte ici (et des exemples de réponses données par les étudiants pour justifier leurs réponses).**

### **À propos de la mesure d'un champ d'induction magnétique**

Seulement 21 % de l'ensemble des étudiants interrogés ont identifié la procédure d'amplification d'une grandeur. Pourtant une partie importante du polycopié est consacrée à ce problème. Les étudiants préfèrent utiliser leurs propres critères concernant la faisabilité comme : « *on peut négliger telle grandeur si elle est petite par rapport à telle autre* ».

### **À propos de la mesure de la vitesse de la lumière**

La procédure de mesure par différence comporte trois étapes (voir annexe) explicitées par des consignes. Sur ces trois étapes :

- aucun étudiant ne rappelle les trois étapes ;
- 26 % des étudiants rappellent la première étape ;
- 19 % seulement rappellent les deux premières étapes.

Cette procédure est rappelée par morceaux comme si chaque étape était dissociable de l'étape suivante, nous dirons que l'activité a été atomisée.

### **À propos des transferts de chaleur**

Seulement 20 % des étudiants ont identifié la procédure de mesurage qui consiste à maîtriser un phénomène quand plusieurs interviennent.

Certains étudiants en restent à l'idée que pour contrôler un facteur ou un phénomène, il suffit d'annuler ou de minimiser l'effet de ce facteur.

## **6. ANALYSE**

### **6.1. À défaut de compréhension globale des procédures, les tâches sont atomisées**

Le but des consignes est l'exécution d'une procédure. Chaque consigne correspond à l'exécution d'un sous-but. Chaque sous-but correspond à une condition de réalisation de cette procédure. Il y a donc une interaction entre la compréhension de la procédure et la compréhension des consignes. Nous avons vu que les consignes sont parfois interprétées autrement que comme l'exécution d'une procédure de mesurage, notamment quand elles sont identifiées comme la réalisation de la condition de faisabilité d'une mesure (par exemple, telle action est supposée avoir été choisie pour rendre le mesurage plus facile). Chaque consigne est alors interprétée en termes de faisabilité ce qui favorise l'atomisation de l'action et c'est un obstacle à l'apprentissage des procédures de mesurage.

C'est par exemple le cas pour la manipulation sur la mesure d'un champ d'induction magnétique que les étudiants considèrent comme une manipulation facile (et dont les enseignants disent qu'elle ne pose effectivement pas de problèmes), mais pour laquelle les réponses aux questionnaires montrent que les procédures de mesurage ne sont pas identifiées.

Cet effet d'atomisation des tâches est renforcé par la décomposition de l'exécution des procédures en consignes comme l'ont montré les questionnaires. Cela pose le problème de l'effet des consignes sur la compréhension globale des procédures de mesurage :

- si ces consignes sont directement exécutables et si elles s'intègrent dans un scénario typique, alors il n'y a pas de questionnement de la part des étudiants et l'apprentissage des procédures est faible ;

- si elles ne sont pas directement exécutables (et nécessitent donc un questionnement) et si elles s'intègrent dans un scénario typique alors elles sont interprétées (avant exécution) en dehors d'une compréhension globale des procédures. Cette interprétation dépend des connaissances que les étudiants ont de ce qu'est un mesurage.

En l'absence de compréhension globale de l'ensemble des consignes, les tâches sont atomisées. Les connaissances que les étudiants mobilisent alors pour donner du sens aux consignes sont des connaissances assez générales facilement mobilisables et adaptables à des contextes variés (comme de dire que l'on fait en sorte que la mesure soit précise).

## **6.2. Les étudiants reconstruisent un contexte pour donner une cohérence aux tâches**

Avant d'exécuter les consignes, les étudiants donnent du sens à leurs actions et resituent les consignes dans un ensemble en se servant de leurs connaissances sur la faisabilité associées à des connaissances de physique.

Comme nous l'avons souligné (§2.2), le photocopié donne peu d'informations sur les raisons qui ont présidé aux choix des appareils et des procédures de mesurage. Les étudiants ont à exécuter les consignes opératoires et à observer ce qu'ils obtiennent, or ils interprètent les consignes à partir des connaissances qu'ils ont de ce qu'il faut faire lors d'un mesurage ; pour comprendre et appliquer des consignes, les étudiants essaient de replacer les activités dans un ensemble : ils construisent un référent empirique.

Deux facteurs interviennent dans cette mise en cohérence des tâches :

- les connaissances qu'ont les étudiants de ce qu'il faut faire en TP et de connaissances de physique plus ou moins adaptées ;
- la représentation qu'ils ont de l'ordre des actions (logique des actions) à travers le scénario qu'ils adoptent.

Or les consignes concernant les procédures de mesurage prennent leur sens à travers la compréhension de ces procédures ; donc la précoce mise en cohérence des tâches sans passer par la compréhension de ces procédures constitue un détour qui fait obstacle à l'apprentissage.

Cela pose le problème du passage d'une compréhension locale d'une activité à une compréhension globale (démarche ascendante vs descendante). Or les étudiants remettent en cohérence ces tâches avec leurs connaissances les plus immédiatement disponibles, parmi ces connaissances, celles sur la faisabilité jouent un rôle particulier et le manque d'informations dans le polycopié sur ce sujet ne leur permet pas de remettre en question ces connaissances. Les étudiants construisent alors une représentation simplifiée du TP afin de se focaliser sur un nombre restreint d'informations expérimentales liées aux problèmes de mesurage.

### 6.3. Réussir et apprendre

***La manipulation sur la mesure d'un champ d'induction  $B$***  est une manipulation qui s'appuie sur le scénario<sup>1</sup> et pour laquelle les consignes sont reliées à des actions directement exécutables et qui peuvent être interprétées à l'aide de connaissances personnelles concernant la faisabilité. Dans ce cas les étudiants n'éprouvent pas de difficultés d'exécution mais la compréhension des procédures de mesurage est faible.

***La manipulation sur la mesure de la vitesse de la lumière*** comporte deux parties.

Une première partie s'appuie sur le scénario 1 et les consignes ne sont pas directement exécutables. Cependant ces consignes peuvent être interprétées à l'aide de connaissances concernant la faisabilité (comme « *toutes les mesures démarrent à zéro* »), cela favorise la réussite de l'action. Cependant les étudiants renforcent ainsi leur tendance d'une lecture séquentielle des consignes, d'où leur difficulté à comprendre que les consignes sont interdépendantes et sont la réalisation de sous-buts liés à l'exécution d'une procédure plus globale. Ceci constitue un obstacle à la compréhension et l'apprentissage des procédures de mesurage.

Une deuxième partie s'appuie sur le scénario 2. Nous n'avons pas constaté de difficultés d'exécution des consignes mais une absence générale de mémorisation de ces actions.

***Enfin la manipulation sur les transferts de chaleur*** s'appuie sur le scénario 2 et les consignes ne sont pas directement exécutables. Nous avons constaté alors que les étudiants utilisaient leurs connaissances sur les pratiques courantes en TP et essayaient de faire fonctionner le scénario 1 ce qui les a conduits à des difficultés d'exécution et de contrôle de leurs actions.

Si les consignes peuvent être comprises par l'étudiant comme associées à l'exécution d'une condition de faisabilité (comme par exemple « *avoir une déviation grande parce que c'est plus précis* »), alors ces consignes sont correctement exécutées et les étudiants arrivent à une réussite même si leur interprétation n'est pas bonne.

Le scénario 1 fait fonctionner un raisonnement causal linéaire et il est plus facile à comprendre.

Lorsque le scénario 2 est effectivement utilisé nous constatons deux types de difficultés :

– si les consignes sont directement exécutables et si l'activité peut être interprétée par le scénario 1 (et en particulier si l'appareil de mesure est relié à un récepteur) alors l'activité se déroule avec succès mais elle n'est pas mémorisée (comme dans l'exemple de la mesure de la vitesse de la lumière) ;

– si les consignes ne sont pas directement exécutables alors les étudiants utilisent le scénario 1 et construisent une représentation de ce qu'il faut faire en activant des connaissances du type « on utilise une plaque noire pour éviter les pertes ». Ces connaissances constituent alors des détours à la compréhension et à la réussite des actions.

D'une façon générale, si les actions proposées sont organisées autour d'un schéma typique et si les connaissances des étudiants permettent d'interpréter les consignes, alors aucun questionnement n'est nécessaire et l'activité est réussie avec un apprentissage faible.

**En résumé :**

	<b>Le scénario utilisé par les étudiants est celui qui est effectivement utilisé dans le TP.</b>	<b>Le scénario utilisé par les étudiants n'est pas celui qui est effectivement utilisé dans le TP.</b>
<b>Les consignes liées à la faisabilité sont directement exécutables.</b>	Le TP est correctement exécuté mais la compréhension des procédures est faible.	Le TP est correctement exécuté mais la mémorisation se fait mal.
<b>Les consignes liées à la faisabilité ne sont pas directement exécutables.</b>	Les actions sont atomisées. Les étudiants utilisent leurs connaissances pour donner une cohérence aux tâches.	Les étudiants utilisent leurs connaissances pour donner une cohérence aux tâches sans que cela permette leur bonne exécution.

Tableau 2 : **Effet croisé des consignes et des scénarios dans les apprentissages**

Ainsi nous constatons que les étudiants ont constitué des connaissances spécifiques des TP, notamment concernant le mesurage et ce dans des contextes particuliers. Ces connaissances portent sur les conditions de faisabilité du mesurage et elles sont appliquées indépendamment des spécificités des TP, comme si l'activité de mesurage était une activité autonome et indépendante des phénomènes étudiés.

## 7. CONCLUSION

Nous sommes partis de la question de l'apprentissage général et guidé de méthodes de mesurage en vue de leur transfert à des situations expérimentales variées comme, entre autres, Reif l'avait conçu.

Des études ont montré que les connaissances que les étudiants mobilisent dépendent des situations expérimentales particulières qui leur sont proposées.

Nous avons vu que les étudiants ont formé des connaissances dans des contextes particuliers liés à chaque TP. Ils doivent les appliquer dans des contextes nouveaux. C'est le cas pour l'activité de mesurage que l'on retrouve dans la plupart des TP. Souvent les consignes dirigent les activités afin d'éviter que les étudiants ne se dispersent et les aspects techniques ne sont pas toujours pris en compte dans les manipulations afin de ne pas surcharger le polycopié et ne pas perdre les étudiants dans un flot d'informations.

Mais, les consignes qui guident l'activité renforcent l'atomisation des tâches ce qui est un obstacle à l'apprentissage des procédures de mesurage. Cependant, les étudiants tentent de remettre en cohérence ces tâches et faute d'information sur les problèmes de faisabilité ils se servent de leurs connaissances les plus générales concernant les TP.

En particulier, dans le cas de l'activité de mesurage, les étudiants interprètent les consignes à **partir** de leurs propres connaissances sur la faisabilité et d'un scénario typique. Ainsi les étudiants construisent un référent empirique à l'aide de leur représentation de ce qu'est un mesurage et c'est à partir de connaissances sur la faisabilité qu'ils interprètent la fonction des objets (par exemple « *une plaque noire ça évite les pertes* ») et les phénomènes en jeu (par exemple « *parce que une plaque noire absorbe tout* »).

Ces données sont à prendre en compte dans la rédaction des polycopiés car souvent les étudiants ont une lecture séquentielle des consignes et leurs connaissances concernant la faisabilité les amènent à considérer que chaque consigne est la réalisation d'un but particulier ce qui renforce l'atomisation de leur activité. Cela pose le problème de la formation de connaissances générales construites à partir de contextes particuliers et transférables à différents contextes.

À propos de l'application des connaissances, Layton (1994) parle de déconstruction des connaissances afin de les appliquer à des situations particulières ; les psychologues de la « cognition située » pensent que les connaissances ne peuvent pas être formées en dehors de contextes particuliers et que chaque situation que rencontre un apprenant est une situation singulière dans laquelle il active des connaissances qui lui sont propres. Martinand (1992) parle de construction d'un référent empirique. Or les situations se distinguent les unes des autres en partie par les problèmes spécifiques liés à la faisabilité et nous avons vu que les étudiants font référence à ces problèmes pour interpréter les consignes, c'est une façon de reconstruire un contexte pour interpréter les consignes. D'où la question de l'effet du guidage sous forme de consignes écrites dans la formation et l'application des connaissances.

Or il n'en reste pas moins que :

- les consignes sont nécessaires pour guider l'activité des étudiants ;
- ces consignes sont interprétées, ce qui est un obstacle à l'apprentissage des procédures de mesurage ;
- c'est la connaissance des procédures qui permet, *a posteriori*, de donner une cohérence aux différentes tâches.

Pour éviter les détours dans la compréhension des consignes, nous pensons qu'il est important de consacrer une partie des TP à la prise en charge des problèmes de faisabilité afin que les étudiants construisent un référent empirique particulier lié à leur situation expérimentale. C'est ensuite que l'on peut envisager de fixer des objectifs d'apprentissage de procédure à partir de consignes. Pour ce faire il est important de limiter les objectifs d'apprentissage en TP au profit d'une explicitation de tous les problèmes de faisabilité.

Il faut aussi proposer aux étudiants des moments de synthèse et de recentrage de l'activité (sous forme de questionnement par exemple) afin de remettre les consignes en perspective avec les objectifs du TP. Ce questionnement doit permettre aux étudiants de prendre conscience des connaissances et du scénario qu'ils utilisent. Il est intéressant pour cela de leur proposer davantage d'activités articulées autour du scénario 2 afin de contrebalancer une trop grande importance attachée au scénario 1.

Enfin, il ressort de cette étude que la réussite n'est pas une preuve d'apprentissage et cela pose le problème de l'évaluation en TP.

Pour continuer cette recherche, nous avons essayé de caractériser les conditions pour lesquelles un guidage (pour faire apprendre des procédures de mesurage transférables à différentes situations expérimentales) est efficace. Pour cela nous avons construit quatre guidages différents (prise en charge des problèmes de faisabilité et proposition d'activité de synthèse) pour faire apprendre une même procédure de mesurage. Ces guidages ont été soumis à des étudiants volontaires. Un test de transfert leur a été proposé. L'analyse est en cours.

D'autre part, nous avons demandé à des enseignants chevronnés de refaire une partie des TP que nous avons analysés ici, de manière à comparer les pratiques des étudiants et des enseignants avec les questions de recherche suivantes : les enseignants ont-ils recours à des connaissances sur les pratiques courantes des TP et à des scénarios pour interpréter les consignes ou bien utilisent-ils leurs connaissances *a priori* des procédures pour les interpréter ? (nous chercherons à savoir si leurs connaissances des procédures de mesurage leur évite une atomisation des tâches à accomplir). Ceci nous amènera à préciser le rôle du contexte dans l'application des connaissances. Les résultats seront communiqués ultérieurement.

## BIBLIOGRAPHIE

- BENEY M. (1998). *Contribution à l'analyse des phases manipulatoires des travaux pratiques de physique en premier cycle universitaire. Les apprentissages possibles à travers l'action*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Sud-Orsay.
- BROUSSEAU G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 17, n° 2, pp. 33-115.
- CLÉMENT P. (1998). Représentation, conceptions et connaissances. In A. Giordan, Y. Girault, P. Clément, *Conceptions et connaissances*. Berne, Peter Lang, pp. 15-45.
- FONDÈRE F., PERNOT C. & RICHARD-MOLARD C. (1998). Analyse comparative de la gestion du mesurage en TP de DEUG à Orsay (biologie, chimie et physique). *Didaskalia*, n° 12, pp. 63-93.
- GUILLON A. (1996). *Étude épistémologique et didactique de l'activité expérimentale en vue d'un enseignement et de l'apprentissage des démarches du physicien, dans le cadre des travaux pratiques de première année et deuxième année d'Université*. Thèse de doctorat, Université de Paris-Sud-Orsay.
- LAVE J. (1988). *Cognition in practice*. Cambridge, Cambridge University press.
- LAYTON D. (1994). Éducation scientifique et action : les relations entre les sciences enseignées à l'école et la pratique. *Aster*, n° 19, pp. 117-155.
- LEFÈVRE R. & ALLEVY P. (1998). Raisonnements à propos du plan incliné. *Didaskalia*, n° 13, pp. 81-112.
- MARTINAND J.-L. (1992). Présentation. In Équipe INRP/LIREST (Éd.), *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris, INRP, pp. 7-22.
- MILLAR R. (1996). Investigation des élèves en sciences : une approche fondée sur la connaissance. *Didaskalia*, n° 9, pp. 9-30.
- PATEYRON B. (1997). *Mobilisation des savoirs dans la formation professionnelle, cas du brevet de technicien supérieur en contrôle industriel et régulation automatique*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard-Lyon 1.
- REIF F. & ST JOHN M. (1979). Teaching physicists' thinking skills in the laboratory. *American journal of physics*, n° 11, pp. 950-957.
- REYDER J. & LEACH J. (1999). Enseigner les pratiques effectives de la science : expériences d'étudiants en projet de recherche en licence. *Didaskalia*, n° 12, pp. 39-61.
- ROTH W.-M. (1996). Where is the context in contextual word problems ? : mathematical practices and products in grade 8 students' answers to story problems. *Cognition and Instruction*, n° 14, pp. 487-527.
- SÉRÉ M.-G., JOURNEAUX R. & LARCHER C. (1993). Learning the statistical analysis of measurements errors. *International journal of science education*, vol. 15, n° 4, pp. 427-438.
- SÉRÉ M.-G. & BENEY M. (1997). Le fonctionnement intellectuel des étudiants réalisant des expériences. *Didaskalia*, n° 11, pp. 73-100.
- WELZEL M. (1995). *Interkationen und Physik lernen*. Frankfurt am Main, Peter Lang.

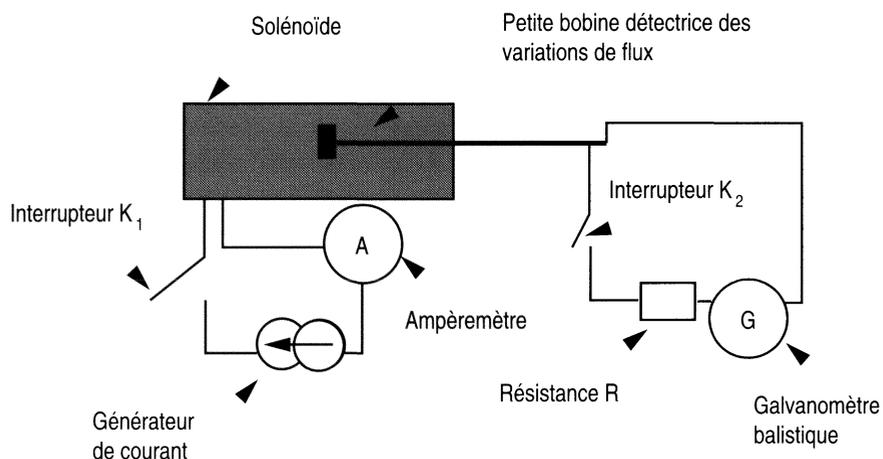
## REMERCIEMENTS

Je remercie Jean-Yves Guinard, Maître de Conférences en psychologie à l'Université de Brest (département de STAPS) pour sa relecture, ses critiques et ses conseils.

Nous donnons ici une brève description des manipulations avec les consignes opératoires se rapportant **uniquement** aux phases de mesurage.

## ANNEXE 1

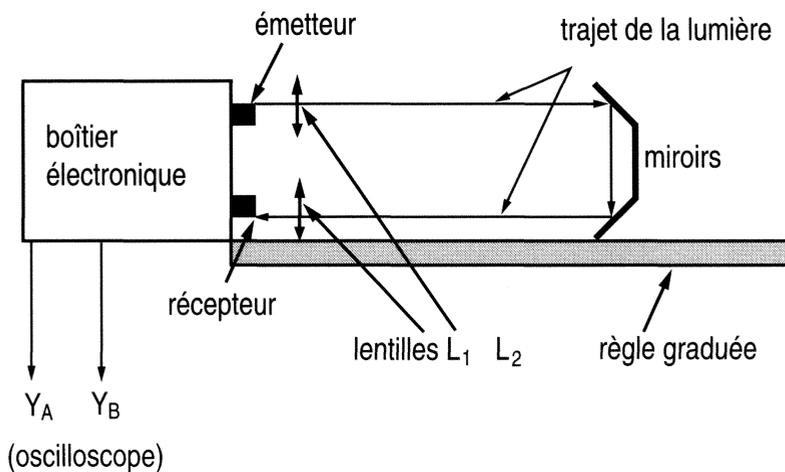
### Mesure d'un champ d'induction $B$



- Ajustez la valeur de la résistance  $R$  à la valeur correspondant à la résistance critique du galvanomètre balistique.
- Placez la petite bobine au centre du solénoïde.
- Ajustez la valeur de l'intensité  $I$  qui circule dans le solénoïde à 100 mA.
- Annulez ce courant en ouvrant l'interrupteur  $K_1$  et notez la valeur du déplacement du spot.
- Refaites les mesures pour différentes valeurs de  $I$ .
- Tracez la courbe  $B = f(I)$ .

## ANNEXE 2

### Mesure de la vitesse de la lumière



#### Méthode 1

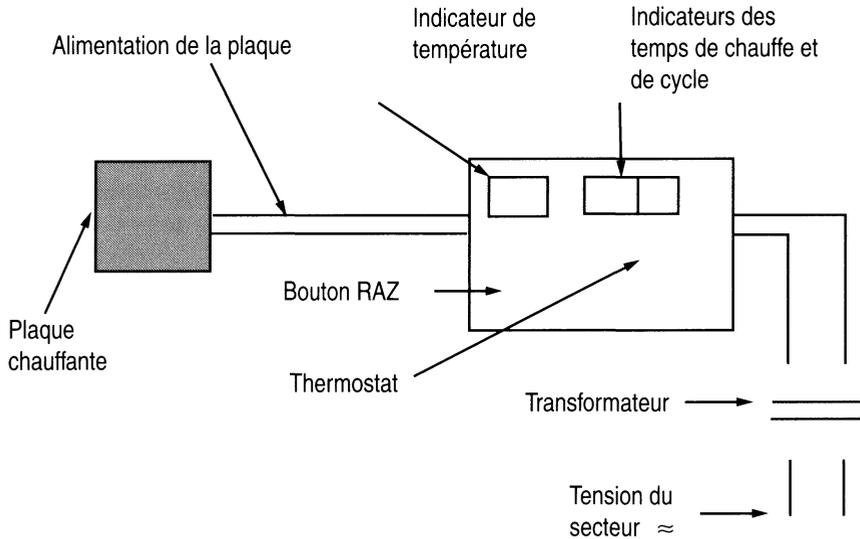
- Faites un faisceau parallèle émergent à l'aide de la lentille L<sub>1</sub>.
- Ajustez la deuxième lentille L<sub>2</sub> de manière à avoir un signal maximum à l'oscilloscope.
- Placez les miroirs sur le zéro de la règle graduée.
- Mettez les deux courbes en phase à l'aide du bouton déphaseur.
- Ajustez la base de temps à 1 ms.
- Déplacez les miroirs et noter pour différentes valeurs de position x des miroirs le temps  $\Delta t$  de parcours de la lumière.
- Tracez la courbe  $x=f(\Delta t)$  et en déduire la vitesse de la lumière dans l'air.

#### Méthode 2

- Placez les miroirs sur la position zéro de la règle graduée.
- Déplacez les miroirs jusqu'à ce que les courbes soient en opposition de phase. Le décalage en temps est alors de T/2.
- Notez la valeur de la position des miroirs et en déduire la vitesse de la lumière dans l'air.

## ANNEXE 3

### Transferts de chaleur



- Ajustez la température de la plaque à une valeur donnée à l'aide du thermostat.
- Une fois la température stabilisée, poussez le bouton RAZ pour mettre les compteurs de temps à zéro et démarrer la mesure des temps.
- Notez les valeurs des temps de chauffe et de cycle.
- Faites plusieurs mesures pour vérifier que le régime permanent est atteint.
- Mesurez l'intensité du courant d'alimentation ainsi que la tension qui est appliquée.
- Déduisez-en la puissance dissipée par la plaque.

## ANNEXE 4

### EXTRAITS DU QUESTIONNAIRE PROPOSÉ AUX ÉTUDIANTS

#### ***Concernant la mesure d'un champ d'induction magnétique***

Pour augmenter la valeur de la charge qui circule dans la petite bobine détectrice, on utilise une bobine ayant une surface importante et un grand nombre de spires.

Cette procédure qui consiste à amplifier le signal reçu fait que la valeur de la grandeur mesurée n'est qu'une valeur moyenne.

Nous avons posé la question suivante aux étudiants :

L'épaisseur de la petite bobine couvrant plusieurs points de l'axe est-ce un inconvénient qui rend la mesure approximative ?

réponses : **oui 46 % (bonne réponse)**                      **non 54 %**

Parmi les étudiants qui ont répondu oui :

le tiers d'entre eux donnent des justifications erronées comme  
« *on peut prendre une autre point de référence, autre que le centre de la bobine, connaissant la distance entre ces deux points* ».

Parmi les étudiants qui ont répondu non :

les justifications sont des applications de critères comme :  
« *l'épaisseur est faible et c'est le milieu de  $b$  qui est pris en compte* » ;  
« *l'épaisseur est petite par rapport à la surface* ».

### **Concernant la mesure de la vitesse de la lumière**

La procédure de mesure par différence entre deux positions connues des miroirs est, entre autres, appliquée à la mesure de la vitesse de la lumière dans un tube rempli d'eau et d'une longueur de un mètre. Pour cela, les étudiants doivent appliquer les consignes suivantes :

- disposer les miroirs sur le zéro de la règle graduée ;
- annuler le décalage en temps des deux courbes pour cette position particulière (ce qui revient à faire un zéro de l'échelle des temps) ;
- déplacer les miroirs d'une longueur égale à la longueur du milieu, placer le tube sur le parcours de la lumière et relever la valeur du décalage en temps des deux courbes.

La longueur du tube rempli d'eau est telle que son entrée dépasse le zéro de la règle graduée (ce qui n'est pas important puisque la mesure est une mesure par différence).

Nous avons posé la question suivante aux étudiants :

Lors de la mesure de la vitesse de la lumière dans l'eau, le zéro de la règle graduée ne coïncide pas avec la face d'entrée du tube plein d'eau. Cela entraîne-t-il que le résultat soit seulement approximatif ?

Réponses :	<b>résultat exact</b>	<b>63 % (bonne réponse)</b>
	<b>approximatif</b>	<b>37 %</b>

Malgré ce bon pourcentage de bonnes réponses nous avons plus finement analysé les justifications des étudiants.

Comme nous l'avons écrit plus haut, l'application de cette procédure comportait trois étapes (sous forme de consignes).

Aucun des étudiants n'a évoqué l'ensemble de ces trois étapes.

### ***Concernant la mesure des transferts de chaleur***

Le but de cette manipulation est de mesurer les quantités d'énergie échangées sous forme de chaleur par convection. Or les échanges se font à la fois par convection et par rayonnement. Afin de soustraire aux mesures la part du transfert qui revient au rayonnement, on a choisi d'utiliser une plaque noire dont on peut modéliser le rayonnement par celui, connu, des corps noirs. D'où la question :

Vous venez d'étudier les transferts de chaleur entre une plaque et l'air. Ceux-ci s'effectuent par convection et par rayonnement de façon simultanée. Il a été possible d'obtenir des résultats sur la convection seule. Pouvez-vous dire comment on s'est affranchi des transferts de chaleur par rayonnement ?  
seulement 20 % des étudiants donnent une bonne réponse.

L'erreur la plus fréquente consiste à penser que le corps noir absorbe toute l'énergie et donc rayonne peu, avec des arguments comme :

- « une plaque noire capte beaucoup d'énergie sans la disperser » ;
- « aucune longueur d'onde n'est absorbée ni émise de la plaque noire ».

Cet article a été reçu le 16/11/1999 et accepté le 29/08/2000.



# **Approche didactique de l'enseignement du projet en architecture : étude comparative de deux cas**

## **A didactic approach to architecture design education : comparative study of two situations**

**Jean-Charles LEBAHAR**

Filière DESIGN, Laboratoire LI2A  
École d'Architecture de Marseille  
184 route de Luminy  
13288 Marseille cedex 9, France.

### **Résumé**

*Cet article analyse et compare deux cas concrets d'enseignement du projet en architecture. Il a pour but de mettre en évidence, dans l'enseignement de l'architecture, deux modèles pédagogiques très différents, voire radicalement opposés. On peut qualifier le premier cas, de professionnel, car il reproduit plus ou moins une situation professionnelle dans les exercices de conception proposés aux étudiants. Le second résulte d'une reconstruction théorique de la pratique de conception architecturale (ou projet). Chacun de ces cas est observé et décrit comme une situation didactique dont les principaux composants, ainsi que leurs interrelations, sont détaillés. Ces composants sont successivement, les activités*

*concrètement mises en oeuvre par les étudiants pour réaliser des tâches de conception architecturale, ces tâches elles-mêmes, proposées par les enseignants sous forme d'exercices, les logiques pédagogiques développées par ces enseignants, de même que la représentation qu'ont les étudiants, de telles situations. Ces modèles pédagogiques présentent d'autres enjeux pour la conception en général. On peut s'interroger en effet, en dehors du fait que les profils de concepteurs (architectes ou designers) issus de ces pédagogies opposées sont eux-mêmes différents, sur les conséquences techniques, sociales et culturelles, de leur futur comportement professionnel.*

**Mots clés :** *didactique de la conception, enseignement du projet en architecture, activité de conception de l'étudiant, modèle d'activité du professionnel, instruments cognitifs.*

### **Abstract**

*Two concrete situations of architecture design education are analysed in this article. This analysis aims to show two educational models of architectural design. They are opposed symmetrically. A detailed examination of each situation permits the comparison between these two processes. One can be defined as « professionalist » and the other as « theorized ». The first consists in transposing an empirical model of professional behaviour into teaching situations. The second consists in constructing cognitive instruments from a theoretical analysis of architecture design, and in a second time, in transposing these concepts and methods into the didactic situation. The design activity of students during the design tasks which are prescribed by teachers in each situation, provides observable datas to analyse these educational models. In architecture and design, these educational models (professionalist and theorized) involve questioning about the prospective professional design behaviour of the students. What will be the technical, social and cultural implications of these models?*

**Key words :** *design didactics, architectural design education, students' design activity, professional design activity, cognitive tools.*

### **Resumen**

*Este artículo analiza y compara dos casos concretos de enseñanza de proyecto en arquitectura. Tiene por objeto poner en evidencia, en la enseñanza de la arquitectura, dos modelos pedagógicos muy diferentes, se pudiera decir, radicalmente opuestos. Se puede calificar el primer caso, de profesionalista, ya que reproduce más o menos una situación profesional en los ejercicios de concepción propuestos a los estudiantes. El segundo*

*resulta de una reconstrucción teórica de la práctica de concepción arquitectural (o proyecto). Cada uno de estos casos es observado y descrito como una situación didáctica donde son detallados los principales componentes, así como sus interrelaciones. Esos componentes son sucesivamente, las actividades concretamente ejecutadas por los estudiantes para realizar tareas de concepción arquitectural, tareas propuestas por los docentes bajo forma de ejercicios, lógicas pedagógicas desarrolladas por los docentes, así como la representación que tienen los estudiantes de tales situaciones. Estos modelos pedagógicos presentan otras posturas para la concepción en general. Se puede preguntar, en efecto, fuera del hecho que los perfiles de creadores (arquitectos o dibujantes) provenientes de esas pedagogías opuestas son diferentes, sobre las consecuencias técnicas, sociales y culturales y de su futuro comportamiento profesional.*

**Palabras claves :** *didáctica de la concepción, enseñanza del proyecto en arquitectura, actividad de concepción del estudiante, modelo de actividad del profesional, instrumentos cognitivos.*

## INTRODUCTION

Cet article analyse et compare deux cas concrets d'enseignement du projet, dans le contexte de deux ateliers appartenant chacun à une école d'architecture différente, l'une située en province, l'autre à Paris. Dans le domaine de l'architecture, la notion de « projet » désigne d'une part, l'activité de conception déployée par un architecte pour réaliser les plans d'un nouvel édifice, et d'autre part, le résultat de cette activité, ces plans eux-mêmes.

Le but de cette étude comparative est de montrer que l'on peut observer des pédagogies du projet architectural très distinctes, voire contradictoires, et que ce constat soulève un certain nombre de questions. Quels sont les critères susceptibles d'orienter des pédagogies destinées à transférer les savoirs et savoir-faire d'une pratique professionnelle, celle des architectes, sur le terrain de l'enseignement de la conception architecturale ? S'agit-il d'un simple transfert d'informations et de l'imitation, par les étudiants, de pratiques professionnelles empiriques ? Est-ce au contraire la transformation théorique d'un domaine d'activités productives en un système de connaissances explicites, critiquables, évaluables, généralisables et transmissibles ? Sur quelle hypothèse repose un tel système, quant au fonctionnement intellectuel de l'étudiant ? Cette hypothèse réduit-elle l'action pédagogique aux critiques et conseils que peut donner un architecte professionnel à l'étudiant qui fait l'apprentissage de la conception d'un petit bâtiment ? Guide-t-elle la manipulation

programmée de l'étudiant dont on attend qu'il assimile le mieux possible une méthodologie sophistiquée, dont l'ésotérisme ne disparaît qu'une fois achevée la conception d'un objet abstrait, partiellement analogue à un bâtiment ?

Dans d'autres domaines de connaissances, tels que les mathématiques et la physique (Johsua & Dupin, 1993 ; Arzac et al., 1994), ou encore les arts plastiques (Gaillot, 1997), la plupart de ces questions sont devenues classiques pour la didactique. Exceptés de rares travaux (Boudon et al., 1994), l'enseignement français de l'architecture est traditionnellement fermé à toute entreprise de débat et de rationalisation. Deux raisons au moins expliquent ces faits. La première est que l'enseignement du projet a toujours été l'objet d'enjeux sociaux et professionnels : « *toute crise de l'enseignement résulte de la crise d'insertion de la profession d'architecte. Tout projet de réforme est une proposition de réponse à une analyse de cette crise.* » (Épron, 1975, p. 75). La seconde est que la démarche scientifique a toujours été assimilée, dans ce milieu, à une représentation mécaniste de la création : « *Certains, après avoir commencé d'aborder les lois de la forme sur un mode purement logique ou mathématique, ont progressivement glissé vers une revalorisation de l'irrationnel.* » (Von Meiss, 1993, p. 21).

Cependant, les faits concrets d'enseignement du projet architectural, observables et analysables, montrent que le problème mérite largement d'être posé, ne serait-ce que pour la simple raison que les étudiants ne sortent pas avec la même formation, d'une école à l'autre, voire, dans la même école, d'un atelier à l'autre. L'hypothèse générale de cette étude de cas est que les pédagogies concrètes de la conception architecturale ne peuvent se révéler qu'à travers l'activité que déploient les étudiants quand ils sont confrontés à des exercices de projet.

Une première partie (1. Pratique professionnelle et enseignement du projet d'architecture) permet de comparer et de différencier, situation professionnelle et situation didactique.

Une seconde partie (2. Les deux situations didactiques : « la petite maison » et « le logis »), est consacrée à l'analyse des cas proprement dite. Dans un premier temps, sont décrites les tâches contenues dans chacun des deux exercices et leurs conditions de réalisation. Ensuite, l'analyse des activités mises en oeuvre par chaque étudiant pour réaliser son exercice, conduit à la présentation, épisode par épisode de conception, des principaux dessins qu'il produit, et des commentaires qu'il en fait. Les descriptions que les étudiants font de chaque exercice *a posteriori*, l'expérience qu'ils en tirent, de même que les représentations que les enseignants ont des étudiants et de la pédagogie du projet, sont rassemblées dans une troisième

sous-partie. Une conclusion provisoire propose une synthèse et une comparaison des enseignements didactiques tirés de cette analyse de cas.

Enfin, une dernière partie (Conclusion) extrait, de cette analyse de cas, de nouveaux thèmes de discussion sur l'enseignement du projet, en les généralisant à d'autres domaines de conception et en évoquant l'influence que peut exercer cet enseignement sur la production sociale concrète.

## **1. PRATIQUE PROFESSIONNELLE ET ENSEIGNEMENT DU PROJET D'ARCHITECTURE**

### **1.1. Le contexte professionnel de l'activité de conception en architecture**

Un architecte réalise une tâche de conception quand il répond à une commande de bâtiment, en produisant les plans d'exécution de ce bâtiment. On peut décrire cette situation de conception en plaçant l'architecte au centre d'un complexe d'interactions, comme le montre la figure 1. On entendra généralement par « interaction », le jeu réciproque qui s'établit entre l'architecte (enseignant, professionnel ou étudiant) et les différents éléments de son environnement opératif (la tâche de conception, les sources de connaissances, ses propres compétences, ses propres « moyens de simulation » et les autres sujets). Ce point de vue dynamique obéit à l'hypothèse générale qu'il y a toujours entre, d'une part un concepteur ou un apprenti-concepteur, et de l'autre, cet environnement opératif, l'assimilation de cet environnement à l'activité de conception et à certains objectifs du concepteur, et réciproquement, l'adaptation de l'activité et des objectifs de ce dernier, à certaines contraintes de cet environnement (Lebahar, 1983, 1998).

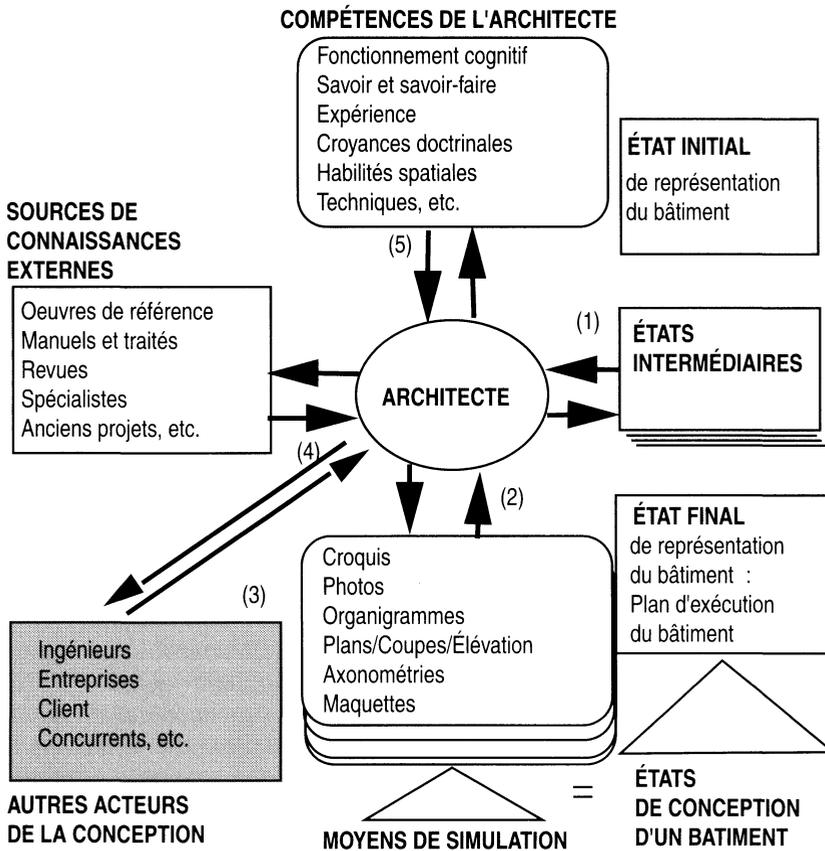


Figure 1 : Le projet en architecture : une situation professionnelle de conception, finalisée par la réalisation d'un bâtiment

Un premier type d'interactions (1) s'établit entre l'architecte et la tâche de conception. Celle-ci consiste à transformer un « état initial de représentation du bâtiment » (texte d'un concours, énoncé d'un programme, dialogues avec un client, etc.) qui est, lacunaire, imprécis, incertain, en un « état final de représentation du bâtiment ». Cet état final est exprimé dans les plans d'exécution qui indiquent les formes et les dimensions du bâtiment (plans, coupes, plans de façades, plans de structure, fondations, détails). Ces plans sont toujours accompagnés d'un descriptif écrit pour éviter toute ambiguïté dans leur interprétation. Cet état final de représentation a pour caractéristiques d'être suffisamment détaillé, précis et complet, pour remplir deux fonctions : non seulement, il permet d'évaluer la faisabilité matérielle du futur bâtiment (constructive, financière, réglementaire, etc.), mais il doit aussi guider sur le chantier les opérations de l'entreprise chargée de sa réalisation (Lebahar, 1983).

auto-organisation le conduit à mettre en oeuvre des connaissances qui portent sur ses propres compétences, des « métaconnaissances », qui sont d'autant plus développées que son expérience est ancienne (Visser & Falzon, 1992 ; Valot et al., 1993 ; Lebahar, 1996).

## **1.2. L'enseignement du projet en architecture**

L'enseignement du projet en architecture est dispensé, au sein des écoles, dans des ateliers, lieux et temps pédagogiques exclusivement réservés à la pratique de la conception. Parfois des cours y sont dispensés, mais ils sont directement liés à la pratique du projet ou à des questions surgissant d'exercices précis (Lebahar, 1999).

La figure 2 permet de dégager les principaux aspects d'une situation didactique de projet : « *il y a situation didactique chaque fois que l'on peut caractériser une intention d'enseignement d'un savoir par un professeur à un élève, et que des mécanismes socialement définis sont institués pour ce faire* » (Johsua & Dupin, 1993, p. 260).

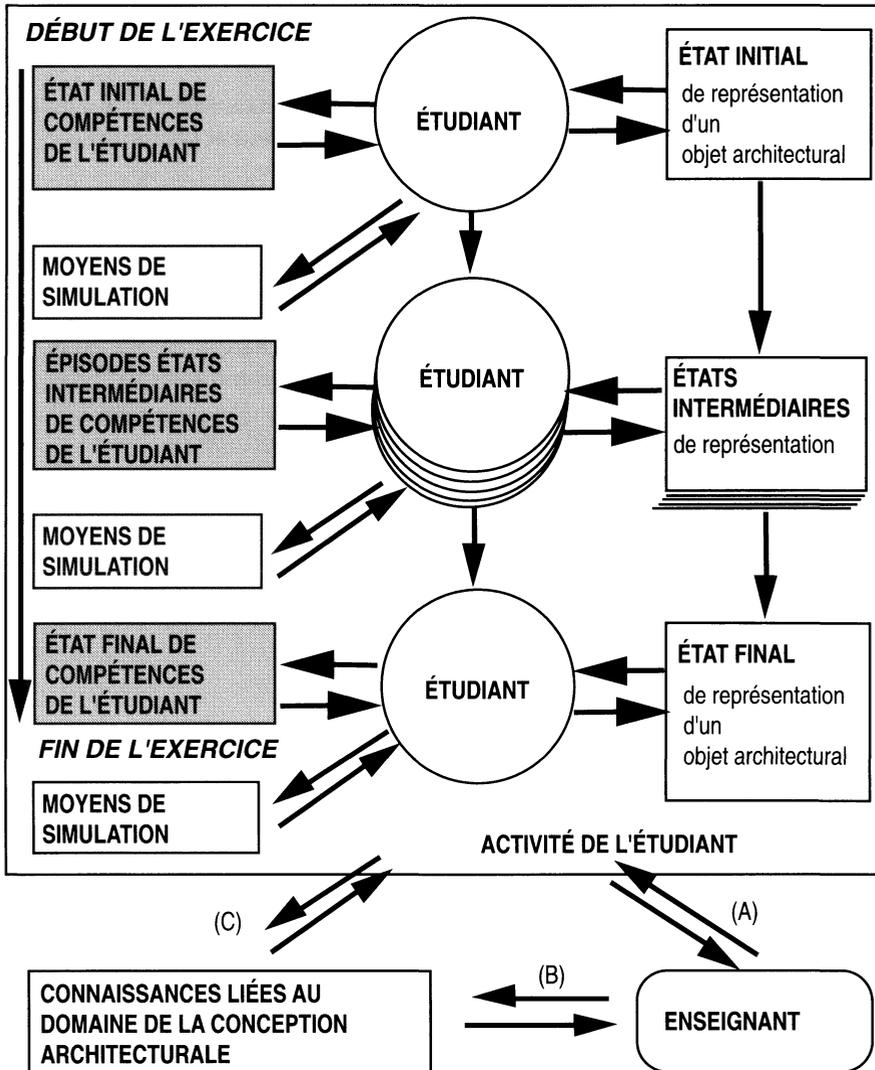


Figure 2 : L'enseignement du projet en architecture est une situation artificielle de conception, finalisée par la réalisation d'un état de compétences de l'étudiant

L'interaction (A) lie l'enseignant à « l'activité de l'étudiant », de différentes façons :

- l'enseignant construit la situation qui confronte l'étudiant à une tâche de conception (transformer « l'état initial de représentation d'un objet architectural » à l'aide de " moyens de simulation » bien définis) ;

- il fixe les objectifs et les conditions de réalisation de cette tâche (résultats attendus, durée de l'exercice, dates et modalités de correction) ;
- il détermine la manière dont sont transmises aux étudiants les consignes de leurs tâches (en bloc ou par sous-tâches successives).

L'enseignant a pour objectif de conduire ses étudiants à un certain « état final de compétences » : « *un étudiant est, lui, un projet pour moi* » (Ciriani, 1995, p. 47). Pour réaliser cet objectif, il doit adapter les tâches qu'il soumet aux étudiants à leurs différents niveaux et domaines de compétences (bacheliers du lycée technique, littéraires, scientifiques, maladroits ou adroits en dessin, etc.) Il assimile souvent l'exercice à un entraînement, par exemple en utilisant la pression temporelle comme un accélérateur de l'activité de l'étudiant : « *huit, douze ou vingt quatre heures, il fallait produire dans ces limites, les étudiants avaient acquis une capacité à réagir en fonction de toutes les situations dans lesquelles ils pouvaient être plongés* » (Sarfati, 1995, p. 108).

L'interaction (B) lie l'enseignant aux connaissances de conception qu'il utilise, à la fois comme des outils professionnels (en tant qu'architecte), à la fois comme des références conseillées pour l'exercice (en tant qu'enseignant).

L'étudiant est lié (A) à l'enseignant par différentes attentes, en particulier son initiation à une pratique professionnelle. Dans cette optique, l'étudiant choisit son atelier selon deux types de critères : la notoriété des professionnels qui y enseignent et/ou le succès professionnel des anciens élèves de l'atelier. La confiance de l'étudiant en son enseignant de projet est le lien le plus important du contrat didactique, comme le montre cet extrait d'entretien : « *la meilleure manière, c'est de demander à l'étudiant d'être confiant, pour pouvoir mieux abuser de sa naïveté, dans le sens où l'on n'en fait pas une manipulation satanique, mais que c'est le meilleur moyen pour lui d'accéder à ce dont il est question. On lui demande de se livrer.* » (A. Dervieux, enseignant chargé de l'exercice « le logis », dans la première étude de cas).

Face à un exercice de conception architecturale, l'étudiant construit ses solutions à partir de connaissances (C) acquises dans ses cours et dans d'anciens exercices. Mais il récupère aussi des solutions immédiatement réutilisables (par exemple, une référence de plan de maison individuelle), dans ses voyages, dans des revues spécialisées et chez les professionnels qui louent ses services quand ils sont en surcharge de travail.

« L'objet architectural » que l'étudiant conçoit en atelier est toujours la réduction et l'interprétation des informations portant sur un bâtiment réel : « *les espaces que l'étudiant manipule ne sont pas les pièces d'une maison, ce sont des espaces abstraits, non constructibles, ni même esthétiques.*

*On travaille sur ces espaces comme sur des ensembles mathématiques auxquels on applique des transformations et des opérations » (L. Salomon, enseignant chargé de l'exercice « le logis », dans la première étude de cas).*

En résumé, en proposant un exercice, dans certaines conditions, à un étudiant, l'enseignant construit une situation artificielle dans laquelle il installe cet étudiant, pour que celui-ci atteigne un état désiré de compétences en réalisant des tâches spécialement conçues dans ce but. En d'autres termes, l'étudiant n'atteint cet état désiré de compétences, qu'à partir de son activité et de la manière dont il va en tirer une expérience.

L'analyse de l'activité de deux étudiants confrontés à de tels exercices, dans deux écoles différentes, permet de révéler deux situations didactiques pratiquement opposées. La première consiste à initier directement l'étudiant à une pratique de conception d'un bâtiment en le plaçant dans une situation qui simule plusieurs aspects d'une situation professionnelle empirique. La seconde consiste à l'initier à des outils d'analyse architecturale et à des méthodes de manipulation de ces outils, en les appliquant à des objets partiels abstraits de la réalité architecturale (postures et dimensions du corps humain, activité, temps d'occupation des espaces, organisation de l'espace géométrique, orientation et utilisation de la lumière naturelle, perception visuelle des volumes éclairés, etc.)

## **2. ANALYSE DE DEUX CAS : « LA PETITE MAISON » ET « LE LOGIS »**

L'analyse de deux cas – « la petite maison » et « le logis » – a pour but de décrire et de comparer deux situations didactiques différentes. Cette analyse porte, d'une part sur les tâches prescrites dans un exercice de projet, et de l'autre sur l'activité produite par l'étudiant pour réaliser ces tâches. Les diverses connaissances et représentations acquises par l'étudiant à l'issue de cette activité, manifestent certains aspects de l'expérience qu'il tire de tels exercices. D'un point de vue symétrique, la représentation que les enseignants de projet ont, d'une part de l'exercice qu'ils proposent à l'étudiant, et de l'autre, de l'étudiant lui-même, mettent au jour la logique de leur construction didactique. On peut définir celle-ci comme la logique qui guide leur action pédagogique, quand, en fonction d'une représentation opérative pédagogique plus ou moins précise qu'ils ont de l'étudiant, ils utilisent certains moyens (l'exercice de projet) pour atteindre certains objectifs (intervenir sur les compétences architecturales de l'étudiant). Cette notion générale de représentation opérative s'inspire du concept précis « d'image opérative » (Oshanine, 1966). Cette extension

désigne en fait la représentation générale qu'un enseignant se fait d'un étudiant, quand il justifie *a priori* ou légitime *a posteriori* ses méthodes et choix pédagogiques. Ces arguments caractérisent une telle représentation en permettant notamment de la comparer à d'autres représentations opératives pédagogiques, basées sur d'autres méthodes et sur d'autres choix.

Les observables extraits de cette analyse de cas proviennent de différentes sources. Les documents pédagogiques produits par les enseignants d'atelier contiennent les énoncés d'exercices précis. Dans chaque atelier, les étudiants doivent obligatoirement conserver tous leurs dessins, et noter toutes les interventions d'enseignants, sur un carnet d'esquisses de format A3. Chaque carnet fournit ainsi une chronologie complète, épisode par épisode, des dessins produits par l'étudiant et des interventions pédagogiques de l'enseignant chargé d'évaluer ces dessins (corrections, critiques, apports de nouvelles connaissances, modifications, communication d'une tâche, etc.)

Pas plus d'une semaine après la fin de chaque exercice, un étudiant de chaque atelier (O pour « la petite maison » et L pour « le logis ») a été soumis à un entretien. Dans un premier temps, il devait décrire l'exercice, de mémoire, en s'efforçant d'en isoler les objectifs pédagogiques. Il devait ensuite commenter les dessins de son carnet d'esquisses, épisode par épisode, en explicitant le pourquoi et le comment. Les enseignants de chaque exercice ont aussi été soumis à un entretien. Ils avaient pour consigne de décrire les objectifs de l'exercice dont ils étaient responsables et la représentation opérative qu'ils avaient de l'étudiant. Ces entretiens ont été enregistrés sur magnétophone.

Les tableaux 1a, 1b, 2a et 2b, fournissent sur trois colonnes, trois types d'indications sur le déroulement de chaque exercice, épisode par épisode : les interventions des enseignants, les moyens de simulation utilisés par les étudiants et leurs commentaires. Les interventions des enseignants sont reconstruites à partir des notes prises par les étudiants sur leur carnet d'esquisses. Les moyens de simulation décrits dans les tableaux sont sélectivement extraits des dessins les plus significatifs produits par ces étudiants, à chaque épisode de conception. Les réductions de ces dessins sont rassemblées dans les figures 4 et 5, et numérotées selon leur ordre chronologique de production par l'étudiant. Enfin, les commentaires de l'étudiant sont ceux qui ont été enregistrés quand on lui a demandé d'explicitier chaque épisode de conception. Les tableaux 1a, 1b, 2a et 2b, ainsi que les figures 4 et 5, sont rassemblés dans l'annexe de l'article.

Cette analyse est exposée en trois parties.

Une première partie décrit les deux situations didactiques, en détaillant l'exercice proposé à l'étudiant et ses conditions de réalisation.

Une seconde partie retrace l'activité de conception produite par chaque étudiant, épisode par épisode.

Une troisième partie révèle, à partir des entretiens complémentaires, certains aspects de l'expérience que ces étudiants ont tirée de l'exercice et les stratégies pédagogiques des enseignants.

## **2.1. Les deux situations didactiques : « la petite maison » et « le logis »**

**Première situation : « la petite maison »** (« *Groupe IN SITU* », *École d'Architecture de Marseille*)

« La petite maison » est le premier exercice de première année d'atelier portant sur la conception d'un logement. Il est trimestriel à raison d'un jour d'atelier par semaine. Les étudiants s'inscrivent en première année d'atelier, quand ils sont en troisième année du cursus général d'études d'architecture. En première année de ce cursus, ils ont suivi des enseignements de géométrie, de construction, de dessin et de sciences humaines. En seconde année, ces enseignements ont été perfectionnés.

L'exercice « la petite maison » est proposé en bloc aux étudiants, dès la première séance d'atelier, dans un document fixant un certain nombre de contraintes :

- « travailler la question du logement individuel avec ses usages, ses spatialités et ses temporalités particulières » ;
- travailler sur « les tracés et la composition » ;
- intégrer la « présence de l'homme au milieu du monde, au milieu de l'espace ».

Un site d'implantation est décrit dans un extrait de plan cadastral fourni aux étudiants. Le programme fixe une surface habitable, un nombre de pièces et de locaux annexes, ainsi que le groupe d'habitants auquel il est destiné : « famille composée d'un couple avec deux enfants ». Une citation du philosophe Michel Serres illustre l'objectif architectural général. Elle évoque un volume construit associant « *efficacité quotidienne de l'outil et valeurs symboliques de la maison* ».

Des « résultats escomptés » sont énoncés :

- collecte de données, photos, croquis ;

- travail en plan et en coupe ;
- composition spatiale « comportant la part d'onirique et de poétique que tout homme porte en lui » ;
- évocation de problèmes de matière, de texture, de couleurs.

À la fin de l'exercice, l'étudiant doit fournir les documents suivants : plans, coupes, élévations (représentation en géométral des faces verticales intérieures ou extérieures d'un bâtiment) de façades, perspectives, axonométries (représentation graphique d'un édifice par projection orthogonale, permettant d'associer dans un même dessin des vues en plan, en coupe, et en élévation), maquette, photos, notice explicative rédigée. Une bibliographie de références architecturales sur la maison individuelle est distribuée aux étudiants.

**Seconde situation : « le logis »** (« Groupe UNO », École d'Architecture de Paris-Belleville)

« Le logis » est le premier exercice de première année d'atelier, portant sur la conception d'un logement. Il est semestriel à raison d'une demi-journée par semaine. Les étudiants en architecture s'inscrivent en première année d'atelier au début de leur seconde année de cursus général. En première année de ce cursus, à la sortie du baccalauréat, ils ont suivi des enseignements de géométrie, de construction, de dessin et de sciences humaines.

L'exercice n'est pas livré en bloc aux étudiants, dès la première séance d'atelier. Il est transmis aux étudiants par tâches successives. Les étudiants n'abordent une tâche nouvelle, qu'une fois achevée par eux et corrigée par les enseignants, la tâche précédente.

**Première tâche**

Un programme est fixé : une habitation pour cinq personnes (père, mère, deux enfants et un bébé). Les étudiants doivent définir quatre activités (se reposer, se nourrir, se laver, se réunir). Dans ce but, ils doivent, en utilisant leur propre corps, produire les croquis des principales postures ergonomiques entraînées par ces activités (L, épisode 1). Ils doivent indiquer sur ces croquis, les principales cotes anthropométriques tirées de leur recherche ergonomique. Plus tard (quatrième tâche) ils utiliseront ces cotes pour fixer les dimensions du mobilier (lit, chaise, table, etc.) le mieux adapté à cette ergonomie empirique. Dans une ultime phase de mise aux points, le volume consacré à chaque activité devra contenir ce mobilier. Dans une seconde phase (L, épisode 2), ils dessinent un « organigramme » des activités, après avoir établi l'emploi du temps de chaque membre de la

famille, espace par espace. Les enseignants définissent cet organigramme comme l'assemblage de cinq cercles. Chaque cercle représente l'espace habité consacré à l'une des quatre activités (se reposer, se nourrir, se laver, se réunir). Le cinquième cercle, espace du logement, représente l'espace global d'assemblage des quatre précédents. Ces cercles sont en intersection, en union ou disjoints, selon que les groupes humains qui développent ces activités occupent un espace commun pour plusieurs activités, ou des espaces séparés mais reliés par un moyen de transition, ou encore des espaces disjoints, car sans transition directe. Cet organigramme est un instrument d'élaboration fonctionnelle du futur plan d'habitation.

### **Deuxième tâche**

Les étudiants ont suivi un cours d'atelier sur les critères de qualification d'un espace architectural. On leur fournit le code graphique (figure 3) qui permet de décrire n'importe quel bâtiment en fonction de ces critères : espaces grand ou petit, centripète ou centrifuge, directionnel, orienté, régulier ou irrégulier, horizontal ou vertical, profond ou large. Cet espace peut offrir une vue à l'extérieur illimitée ou limitée, cadrée ou ouverte, et sa lumière peut être directe ou indirecte, filtrée ou non filtrée. Les étudiants doivent explorer le maximum de volumes possibles à section carrée, que l'on peut obtenir par application combinée de ces critères architecturaux. Dans une seconde phase, ils doivent explorer le maximum de combinaisons de deux volumes à section carrée répondant à ces mêmes critères (L, épisode 3).

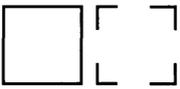
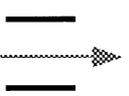
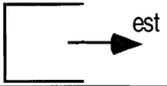
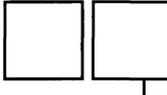
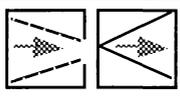
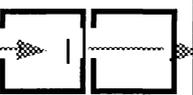
Symbole graphique	Critère d'espace architectural signifié	Signification architecturale opérative
	Dilaté	Libérer la diagonale de tout obstacle visuel (meuble, cheminée, etc.), de manière à ce que le volume paraisse grand (ou dilaté) à celui qui l'habite.
	Centripète	Le fait que ses angles soient opaques, fait apparaître ce volume, comme clôt, à celui qui l'habite.
	Centrifuge	Les angles troués de cet espace le font apparaître "ouvert à l'extérieur" à celui qui l'habite.
	Directionnel	Espace compris entre deux plans parallèles opaques et symétriques par rapport à un axe de vision non interrompu par une opacité.
	Orienté	Espace "en U" orienté (nord, sud, est, ouest, etc.)
	Régulier / Irrégulier	Le carré a, ou non, un accident.
	Vue cadrée / Vue ouverte	Vue à l'extérieur "cadrée" par le contour de l'ouverture opérée sur un plan vertical du volume, ou "vue ouverte".
	vue limitée / vue illimitée	Le sujet perçoit à l'extérieur avec ("limitée"), ou sans ("illimitée") obstacle visuel.
	large/profond	Le sujet pénètre dans un espace large à plans latéraux parallèles à des objets linéaires (large) ou perpendiculaires (profond).
	lumière directe / lumière indirecte	Le plan perçu est éclairé par une lumière directe ou indirecte.

Figure 3 : Code graphique de qualification d'un espace architectural

Ce carré doit être interprété comme la section horizontale d'un volume théorique orienté dans l'espace, exposé à la lumière, et habité par un sujet théorique dont la vision est le seul sens pris en considération. Ce code obéit au principe selon lequel le rôle de l'architecte est d'influencer l'interprétation perceptive des volumes qu'il conçoit, en intervenant sur l'orientation et les ouvertures de ce volume, ainsi que sur la forme et la disposition des objets qu'il contient. C'est la manière dont un volume composé d'opacités et de transparences filtre la lumière naturelle, qui le qualifie architecturalement. Enfin, la manipulation intensive de ces figures en deux dimensions et leur interprétation en un objet en trois, entraînent l'étudiant à acquérir une habileté spatiale nécessaire à la pratique architecturale : savoir lire un plan en évaluant tous les domaines de choix architecturaux dont il résulte.

### **Troisième tâche**

L'étudiant doit citer ou créer une « phrase poétique » susceptible d'exprimer synthétiquement un espace habité (L, épisode 4). Il doit ensuite dessiner l'organigramme qui exprime la nouvelle combinaison d'espaces et d'activités (se reposer, se nourrir, se laver, se réunir) inspirée par cette « phrase poétique ». Il doit définir chaque espace d'activité, en utilisant les critères de qualification d'espace architectural définis plus haut. Cependant, chaque étudiant doit, à présent, personnaliser les symboles de ce code graphique.

### **Quatrième tâche**

L'étudiant doit proposer plusieurs possibilités d'espaces carrés permettant une activité (« se reposer » ; L, épisode 5), puis de combinaisons de deux carrés permettant deux activités (« se nourrir » et « se réunir » ; L, épisode 6). La surface de ces plans doit être adaptée aux dimensions de mobilier précédemment mises aux points dans l'étude ergonomique de la première sous-tâche (L, épisode 1).

### **Dernière tâche**

L'étudiant doit proposer un plan carré du « logis » (épisode 7). Ce plan doit résulter de l'assemblage général des plans partiels précédemment établis. L'étudiant doit fournir les plans, élévations, axonométries et la maquette du « logis ». Le bâtiment abstrait, sous-jacent à ces représentations, n'a ni site géographique d'implantation, ni couverture (toit, terrasse, etc.), ni matière.

## 2.2. Épisodes des activités de conception de O et de I

### 2.2.1. Premier cas : O conçoit « la petite maison »

(Se rapporter aux tableaux 1a et 1b et à la figure 4, joints en annexe).

Un seul enseignant suit l'exercice. Ses interventions sont des critiques appliquées aux choix architecturaux proposés par O (gaspillage de surface, liaison entre pièces, illisibilité de l'entrée, insuffisance de la surface du couloir). Il intervient ponctuellement sur l'espace de travail envisagé par O (« *faire un étage est trop compliqué, utilisez votre propre expérience* »). Il propose parfois des solutions architecturales partielles (« *lier chambre et cuisine* »), ou globales, quand il dessine lui-même le schéma de plan (épisode 7) que O doit adopter. Enfin, il donne un cours traitant d'un problème particulier, chaque fois que ce dernier apparaît à la suite d'une correction.

On peut illustrer l'interaction enseignant/étudiant en commentant, par exemple, l'épisode 5. L'étudiant présente à l'enseignant un plan général du rez-de-chaussée où le couloir, qui lui sert d'axe de symétrie (l'étudiant dit que « *c'est un axe qui correspond au couloir* » dans le « commentaire de l'étudiant » de l'épisode 4, tableau 1a). Ce couloir est très étroit (sinon inexistant) (O.4 de la figure 4). L'enseignant (« interventions de l'enseignant », tableau 1a, épisode 4) critique l'orientation au nord, de la salle à manger, de la cuisine et du salon. Il déplore l'étroitesse du couloir et demande à l'étudiant de dessiner une surface de couloir plus importante (« *un volume de distribution plus important* »). C'est ce que fait l'étudiant dans l'épisode 5 (tableau 1b, en O.5 de la figure 4). L'étudiant dessine un rectangle oblique hachuré qui représente le nouveau couloir et commente sa modification : « *j'affirme le couloir comme axe de composition et espace de distribution* » (commentaires de l'étudiant, dans l'épisode 5 du tableau 1b).

Les moyens de simulations utilisés par O sont les mêmes que ceux d'un professionnel. Leur ordre d'apparition suit un scénario de conception architecturale traditionnel : plan masse (plan du site et du bâtiment implanté, O.1) ; raffinement en précision du plan de bâtiment pour aboutir à des dimensions (O.2b à O.5) ; raffinement en précision du plan masse (O.4, O.5) ; conception conjointe des façades et des volumes intérieurs contrôlés par des coupes (O.6, O.7) ; façades et plan détaillé (O.8, O.9). La coupe (O.10) répond à la critique de l'enseignant sur la protection solaire.

Les commentaires de O révèlent plusieurs traits de son activité. On peut d'abord remarquer qu'il adapte systématiquement ses choix aux interventions de l'enseignant. Il récupère des schémas complets de solution

dans diverses sources de connaissances : un plan en « équerre » dans une revue ; une règle heuristique non argumentée – si « *dessins troubles* », alors « *ne fonctionne pas* » – dans l'épisode 3) ; « *un architecte chez qui j'ai travaillé* » ; Sotto de Moura (une référence dans l'architecture moderne), etc. O n'argumente jamais ses choix en fonction de l'habitant. O ne justifie un choix d'orientation du bâtiment en fonction de critères fonctionnels (lumière naturelle et protection visuelle), qu'une seule fois (épisode 5).

Les consignes prescrites dans l'exercice sont à peu près réalisées par O, mais assez rapidement (chaque choix de conception donne lieu à peu de brouillons et de solutions intermédiaires). O ne précise rien sur la texture, la matière, les couleurs ou sur l'activité des habitants. O n'évoque jamais la phrase de Michel Serres.

### **2.2.2. Second cas : L conçoit « le logis »**

(Se rapporter aux tableaux 2a et 2b, et à la figure 5, joints en annexe).

Une équipe de deux (parfois trois) enseignants suit l'exercice. Les interventions de l'équipe prennent quatre formes :

- des exposés méthodologiques précis (épisode 2) ;
- des cours théoriques (épisode 2) ;
- les communications des sous-tâches successives (épisode 2)
- des communications de consignes de détail (épisode 3) ;
- des corrections collectives intermédiaires et finales évaluant les travaux d'étudiants, mais aussi la qualité d'argumentation de leur présentation orale en tant que « correcteur » et « corrigé » (épisode 5).

L'intervention des enseignants ne porte directement sur les travaux d'étudiants qu'à l'occasion des corrections collectives (l'étudiant peut être corrigé ou correcteur). Le contrôle de ces travaux est assuré, pour une grande partie, par les différents groupes d'étudiants (commentaires de L, épisodes 1 et 2).

On peut illustrer le type d'interaction enseignant/étudiant en commentant, par exemple, ces épisodes 1 et 2 (voir tableau 2a et L.1 et L.2, figure 5, joints en annexe). Le groupe d'enseignants a demandé aux étudiants de définir collectivement des activités (« se reposer », etc.) et de modéliser au sein d'un groupe, les postures ergonomiques exprimant des différentes actions possibles composant ces activités (en L.1, figure 5, l'étudiant a modélisé « bricoler », comme action particulière de l'activité globale « se reposer »). À partir de ces croquis, le groupe d'étudiants auquel appartient L, va établir les cotes du mobilier contenu dans chaque espace

dédié à une activité (ici, une table ou un établi). Le groupe d'enseignants produit alors une série d'exposés (interventions de l'enseignant, épisode 2, tableau 1a) portant sur la qualification d'un espace architectural (critères de la figure 3) et sur la lumière naturelle. Les étudiants doivent pondérer chacune des activités (« se reposer », etc.) par le temps que lui consacre chaque membre de la famille. Il leur est ensuite demandé de fournir un organigramme combinant des zones d'activité dont chacune est proportionnelle à la surface nécessitée par le temps et le nombre de membres de la famille qui s'y consacrent, individuellement en situation isolée, mais aussi en groupe. On voit sur l'un des croquis d'étude de L, (en L.2, figure 5) que « se réunir » et « se reposer » sont les zones de plus grande surface et qu'elles ont un espace commun représenté par leur intersection. Des flèches indiquent des ouvertures choisies en fonction d'une orientation de l'édifice par rapport à la lumière naturelle qui fait l'objet d'une série d'exposés, pendant l'exercice. Chaque groupe d'étudiants précédemment spécialisé dans l'étude d'une zone est à la fois corrigé et correcteur de cet exercice (commentaires de l'étudiant, épisode 2, tableau 2a).

Les moyens de simulation utilisés par L ne sont pas ceux d'un architecte professionnel (le plan n'apparaît que dans la seconde moitié de l'exercice). Ils ne simulent pas un bâtiment empirique, mais des problèmes relevant de domaines spécifiques de la connaissance architecturale : l'ergonomie des habitants ; leur activité ; l'assimilation de critères architecturaux multiples ; l'intention subjective qui fournit des schémas de conception (phrase poétique) ; le plan, comme instrument basique d'écriture architecturale isolée du site et de la matière. Ces moyens de simulation sont codés. Il s'agit, pour l'étudiant, d'assimiler ce code. Dans ce but, il décline de manière intensive, une multitude de possibilités d'appliquer ce code à un plan théorique (un carré, épisode 3). Puis, dans un second temps, il l'applique à des espaces d'activités de complexité croissante (épisodes 5 et 6).

L'ordre d'apparition des simulations révèle la conception d'un volume architectural déterminé par des critères de qualification multiples (figure 3). Ils dépendent non seulement de contenus physiques (les corps du groupe d'habitants en mouvement et leur mobilier), mais aussi de la perception visuelle que ses habitants ont de ce volume, en fonction de la manière dont il est éclairé et des désirs de l'architecte (la phrase poétique). Chaque moyen de simulation construit par L et rapporté dans la figure 5, résulte systématiquement de la multitude d'essais, de brouillons et de solutions alternatives, nécessitée par la recherche d'une solution correcte. L explicite clairement sa tâche et son activité de conception. Il évoque ses images mentales de carrés : « *Ces carrés sont des volumes, des cubes que je vois dans ma tête, avec de la lumière, en plein milieu des champs.* » (épisode 3).

La comparaison des deux situations didactiques permet de distinguer un apprentissage par imitation approximative, de certains aspects des pratiques professionnelles (O), de l'apprentissage intensif et totalement directif, d'un système de connaissance architectural abstrait et codé.

### 2.3. Les enseignements didactiques tirés de l'analyse de cas

Dans la première situation, O s'inspire systématiquement des interventions de l'enseignant et de références multiples. Il argumente rarement ses choix. Il ignore une partie des consignes de l'exercice (la phrase de M. Serres, les textures, les couleurs, etc.) Les simulations précédant ses choix sont peu abondantes. O a tiré une expérience de son exercice, car il critique son schéma de plan de départ (l'équerre) tout en déclarant s'être inspiré de sa propre expérience d'habitant. Il assimile clairement les objectifs de l'enseignant, à la fois à des exigences architecturales (la famille à loger et « l'installation du bâtiment » dans son environnement), à la fois aux conceptions personnelles de l'enseignant (l'importance de la cuisine).

Pour J.S., les étudiants ayant chacun des « facilités » différentes, il convient de leur permettre d'atteindre collectivement et progressivement, un même niveau d'ensemble. Ses objectifs pédagogiques sont clairement axés sur l'activité professionnelle. Le but est de permettre à l'étudiant d'acquérir les savoir-faire (outils, objectifs, gestion de questions économiques, etc.) et les attitudes de base (ponctualité et rigueur) d'un architecte professionnel. Parallèlement, il justifie la nécessité d'encourager le sens critique des étudiants, en leur fournissant des références, tout en les encourageant à s'en distancier par la réflexion (les « transgresser »).

Globalement, cette première situation peut être qualifiée de « professionnaliste », car basée sur une pédagogie de la conception architecturale qui s'inspire d'une interprétation empiriste de l'activité professionnelle.

Dans la seconde situation, L suit intégralement les consignes de chaque tâche, en développant systématiquement, à chaque épisode, des explorations intensives de possibilités multiples. L explicite en détail toutes ses actions.

L centre sa réflexion sur les outils qu'il a acquis, en précisant que ce sont des approximations (« 50 % et c'est déjà bien ! »). Il argumente ces acquis en évoquant pour preuves, ses nouvelles compétences architecturales : l'analyse, la vision dans l'espace, la possibilité de rendre « grand » un espace « petit ». Il explicite en détails ces acquis et déclare

même les avoir testés dans la réalité (« *ça marche !* »). Il ne parle jamais de l'enseignant ou de ses objectifs.

Pour L.S., l'étudiant collectif a, à l'origine, différentes aptitudes et compétences exploitables par une dynamique de groupe qui utilise les qualités spécifiques de chacun. Son objectif est d'installer l'étudiant dans une attitude permanente d'auto-contrôle (« *se voir faire* »), de prise de conscience (« *se surprendre* ») et d'autocritique (« *jamais content* »).

L.S. utilise l'exercice comme un instrument totalement directif et rationnel de manipulation de l'étudiant, non seulement en le plaçant dans des contradictions (« *en même temps, on va lui interdire* »), mais aussi, en l'installant dans un processus de réflexion et d'explicitation permanentes.

Globalement, cette seconde situation peut se définir comme la construction d'un ensemble de situations pratiques finalisées, non seulement par l'acquisition progressive, par les étudiants, de certaines compétences (par exemple : voir dans l'espace), mais encore, d'une démarche de réflexion critique. Celle-ci porte sur les instruments qu'ils ont assimilés (qualification systématique d'espaces architecturaux, organigramme, etc.), de même que sur leurs propres travaux de conception (pratique de l'évaluation autocritique). Cette construction prend la forme d'un système codifié (figure 3). Ses symboles graphiques, bien définis, sont aussi des instruments cognitifs (Schneuwly & Bronckart, 1985 ; Inhelder & de Caprona, 1992 ; Rabardel, 1996) dans la mesure où ils permettent d'identifier et de transformer mentalement, ou graphiquement par le dessin, un volume architectural.

## CONCLUSION

Une pédagogie « professionnaliste » de la conception transmet les outils, les attitudes et la démarche de professionnels, à des étudiants. Ces derniers sont évalués à partir du projet final (plan, coupe, élévations d'un édifice) qu'ils présentent à leur enseignant, en fin d'exercice. Ce projet doit afficher approximativement les caractéristiques traditionnelles d'un projet professionnel (conformité de l'édifice dessiné à des modèles de référence architecturale, aux contraintes d'orientation, de proportions et de quantités d'espace, de circulations entre espaces, d'insertion au site). La plupart du temps, l'évaluation de son travail est positive pour l'étudiant, dans la mesure où les corrections intermédiaires successives opérées par l'enseignant au cours de l'exercice, ont entraîné les modifications nécessaires qui lui permettent d'aboutir à un résultat final acceptable. L'autre pédagogie, finalisée par un modèle d'étudiant autre que la « boîte noire » et par la recherche de l'autonomie opérationnelle de l'étudiant, résulte de la

reconstruction théorique et méthodologique de la pratique architecturale. Le but de cette pédagogie est de permettre à l'étudiant d'acquiescer « *une construction mentale cohérente* » (voir annexe, interview de L.S.) Celle-ci présente plusieurs caractéristiques : la capacité, pour l'étudiant, de vérifier ses propres choix de conception à partir de critères systématiques et multiformes ; la prise de conscience des limites qui séparent ses désirs d'espaces architecturaux (hypothèse poétique) de contraintes architecturales incontournables (l'orientation d'un édifice en fonction de la lumière naturelle) ; une attitude d'autocritique constante ; des choix personnels indépendants de modèles de référence architecturale. Ces étudiants sont évalués de manière continue, tâche par tâche. Cette évaluation porte surtout sur la quantité de travaux intermédiaires qu'ils ont réalisés et sur une prise en compte correcte des contraintes de la tâche. À l'issue de chaque évaluation intermédiaire, soit l'étudiant se trouve dans l'obligation de fournir des travaux complémentaires (ces travaux seront contrôlés individuellement), soit il accède à la tâche suivante (il a le « feu vert », selon le jargon employé dans l'atelier). Appliqué à des domaines de conception entretenant certains liens de parenté avec l'architecture, comme la création industrielle (Lebahar, 1995, 1997a, 1997b, 1998), ce type d'enquête met en relief des phénomènes analogues. Leur point commun est immédiatement identifiable : soit on place les étudiants dans une situation dont les conditions simulent plus ou moins une situation professionnelle, soit on leur propose des exercices construits avec précision. Ces derniers tiennent compte de leur fonctionnement intellectuel et poursuivent l'objectif de transmettre des instruments cognitifs précis et évaluables. Ces objectifs ne sont pas toujours conformes (quand ils n'en sont pas la critique radicale), à la production architecturale ou industrielle existante. Il faut rappeler qu'architecture et design industriel concernent la conception de valeurs d'usage, de biens économiques et culturels, conçus en situation de concurrence (notoriété des concepteurs, concours, appels d'offre, devis différentiels, etc.) Les enseignants de projet sont eux-mêmes des professionnels. Dans ces domaines de la conception, sont continuellement opposées tendance « professionnaliste » et tendance que l'on qualifiera de didactique, car orientée vers une prise en compte rationnelle des connaissances de conception, du fonctionnement cognitif de l'étudiant et de son autonomie critique. De plus, les termes de ce contraste ne suffisent pas à exprimer la totalité de l'enjeu que représentent ces choix pédagogiques. Ces derniers concernent aussi l'architecture et les valeurs d'usage industrielles qui seront concrètement produites par ces étudiants. Quel profil de concepteur professionnel résulte de ces pédagogies ? Quelle est sa potentialité d'innovation et de distance critique par rapport à une production existante ? Par rapport aux habitants ou aux utilisateurs de produits industriels ?

## BIBLIOGRAPHIE

- ARSAC G., CHEVALLARD Y., MARTINAND J.-L. & TIBERGHEN A. (1994). *La transposition didactique à l'épreuve*. Grenoble, La Pensée sauvage.
- BOUDON P., DESHAYES P., POUSIN F. & SCHATZ F. (1994). *Enseigner la conception architecturale*. Paris, La Villette.
- ÉPRON J.-P. (1975). Enseigner l'architecture. L'architecture en projet. *Rapport de recherche CERA- CORDA*.
- CIRIANI H. (1995) La transformation. In J.-F. Mabardi (Éd.), *L'enseignement du projet en architecture*. Paris, Direction de l'architecture et de l'urbanisme, pp. 45-57.
- GAILLOT B.-A. (1997). *Arts plastiques, éléments d'une didactique critique*. Paris, PUF.
- INHELDER B. & DE CAPRONA D. (1992). Vers le constructivisme psychologique : Structures ? Procédures ? Les deux indissociables ? In B. Inhelder & G. Cellérier (Éds), *Le cheminement des découvertes de l'enfant*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, pp. 19-46.
- JOHNSON S. & DUPIN J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, PUF.
- LEBAHAR J.-C. (1983). *Le dessin d'architecte : simulation graphique et réduction d'incertitude*. Marseille, Parenthèses.
- LEBAHAR J.-C. (1986). Le travail de conception en architecture : contraintes et perspectives apportées par la CAO. *Travail humain*, n° 49, pp. 17-30.
- LEBAHAR J.-C. (1995). Compétence de conception, conception des compétences : le pédagogue est un concepteur de tâches fictives. *Éducation permanente*, n° 123, pp. 78-90.
- LEBAHAR J.-C. (1996). L'activité de simulation d'un « dessinateur CAO » dans une tâche de conception. *Travail humain*, n° 59, pp. 253-275.
- LEBAHAR J.-C. (1997a). Cahier des charges réduit, tâche de conception en temps limité et commentaires critiques *a posteriori* : une approche pédagogique de la conception. *Design Recherche*, n° 9, pp. 55-69.
- LEBAHAR J.-C. (1997b). Complexité des compétences de création industrielle : qui évalue ? Quoi ? Comment ? *Connexions*, n° 70, pp. 151-164.
- LEBAHAR J.-C. (1998). La simulation comme instrument de représentation et de régulation dans la conception de produit. In A. Weil-Fassina & P. Béguin (Éds), *La simulation en ergonomie : connaître, agir et interagir*. Toulouse, Octarès, pp. 77-96.
- OSHANINE D.A. (1966). *The operative image of a controlled object in Man-automatic machine system*. *Congrès international de psychologie*. Moscou, Symposium 27, pp. 48-57.
- RABARDEL P. (1996). *Les hommes et les technologies*. Paris, A. Colin.
- SARFATIA. (1995) Construire sa démarche et la critiquer. In J.-F. Press (Éd.), *L'enseignement du projet en architecture*. Rapport MELT DAU, pp. 105-115.
- SCHNEUWLY B. & BRONCKART J.-P. (1985). *Vygotsky aujourd'hui*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
- VALOT C., GRAU J.-Y. & AMALBERTI R. (1993). Les métaconnaissances : représentation de ses propres compétences. In A. Weil-Fassina, P. Rabardel & D. Dubois (Éds), *Représentations pour l'action*. Toulouse, Octarès, pp. 275-293.
- VISSER W. & FALZON P. (1992). Catégorisation et types d'expertise. Une étude empirique dans le domaine de la conception industrielle. *Intellectica*, n° 15, pp. 27-53.
- VON MEISS P. (1993). *De la forme au lieu*. Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

## ANNEXE 1

Moyens de simulation utilisés par l'étudiant suivis des interventions de l'enseignant	Commentaires de l'étudiant
<p><b>Épisode 1</b>  <u>Esquisse de plan masse (O.1)</u>            1 - <i>Il y a un gaspillage de surface au nord</i>            2 - <i>Ce bâtiment n'est pas adapté aux limites du terrain.</i></p>	<p>« J'ai proposé une équerre. J'ai vu dans une revue, qu'on utilisait l'équerre comme schéma de plan ».</p>
<p><b>Épisode 2</b>  <u>3 petits croquis de plan de masse (O.2a)</u>  <u>2 croquis de plans (rez-de-chaussée et premier étage) (O.2b)</u>            1 - <i>Ne faire qu'un rez-de-chaussée (faire un étage est trop compliqué)</i></p>	<p>« Je modifie en fonction de la correction de l'esquisse du plan de masse. Il est vrai que cette forme s'adapte mal aux limites du terrain (seconde intervention de l'enseignant dans l'épisode 1).            Je place les activités « jour » au sud.            Je place les activités « nuit » au nord.            Je crée un accès par la cuisine.            Je place le salon en périphérie.            Je place salle à manger et cuisine au centre du bâtiment. »</p>
<p><b>Épisode 3</b>  <u>Petits croquis de plans cotés (O.3a)</u>  <u>Croquis d'espaces intérieurs (O.3b)</u>            1 - <i>C'est trop compliqué</i>            2 - <i>Lier cuisine et chambre enfants (« les enfants boivent la nuit »)</i>            3 - <i>Utilisez votre propre expérience d'habitant »</i></p>	<p>(O tire les conclusions de ses simulations)            « Ces volumes sont trop cloisonnés entre eux. Ils sont fermés de l'extérieur. Ces volumes sont trop compliqués.            Quand les dessins sont troubles, c'est que ça ne fonctionne pas. »</p>
<p><b>Episode 4</b>  <u>Esquisse de plan masse (O.4)</u>            1 - <i>Salle à manger, cuisine et salon sont au nord ; ça ne va pas.</i>            2 - <i>Le couloir est trop étroit.</i>            3 - <i>Le couloir doit être un volume de distribution plus important.</i></p>	<p>« J'utilise des lignes directrices pour organiser mon plan. (il ne retrouve plus la cuisine)            Un architecte chez qui j'ai travaillé, m'a dit de ne pas dessiner des ensembles porteurs (murs avec leur épaisseur), mais des volumes sans épaisseur, en utilisant une trame de dallage. C'est un quadrillage de la surface de dessin par le plan de dallage. Ça permet de concevoir des volumes de départ, avec la même échelle. Pour composer mes espaces, j'utilise cette trame et un axe qui correspond au couloir. »</p>

(1) L'enseignant critique, en présence de tous les étudiants de l'atelier, les travaux présentés par chaque étudiant.

## Tableau 1a : Les épisodes de conception de O

Les réductions des dessins produits par O (O.1, O.2a, ..., O.10) dans ses simulations graphiques sont rassemblés dans la figure 4 (« simulations graphiques de O »).

## ANNEXE 2

Moyens de simulation utilisés par l'étudiant suivis des interventions de l'enseignant	Commentaires de l'étudiant
<p><b>Épisode 5</b></p> <p><u>Modification de la trame et du plan masse (O.5)</u></p>	<p>« J'affirme le couloir, comme axe de composition et espace de distribution.</p> <p>Le calage du bâtiment sur la limite nord du terrain permet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– de dégager la place d'un jardin au sud tout en récupérant de l'espace inutilisé au nord. Les chambres s'ouvrent à l'est (lumière du matin). Elles sont visuellement protégées par des arbres. »</li> </ul>
<p><b>Épisode 6</b></p> <p>Croquis : « façade sud » et plan avec système porteur (O.6) (les murs sont dessinés en traits épais)</p> <p>1 - Le couloir n'est pas aux points</p>	<p>« La façade sud doit alterner opacité et transparence. »</p>
<p><b>Épisode 7</b></p> <p><u>Nouveau plan du bâtiment et schéma de plan dessiné par l'enseignant (O.7)</u></p> <p>1 - L'enseignant propose un meilleur plan, qu'il dessine sur le carnet de O</p>	
<p><b>Épisode 8</b></p> <p><u>Croquis des façades sud et est (O.8)</u></p> <p>1 - C'est monotone. 2 - L'entrée n'est pas lisible. 3 - Les proportions sont mauvaises.</p>	<p>« J'ai utilisé une référence : un projet de Eduardo Sotro de Moura.</p> <p>La dalle (couverture du bâtiment) de la référence débord des murs, contrairement à la mienne. J'ai perdu la liaison garage/cuisine. L'entrée est mauvaise. Les chambres sont bien dimensionnées. »</p>
<p><b>Épisode 9</b> <u>Plan détaillé (O.9)</u></p> <p>1 - Le couloir est trop petit. 2 - « Le type ressort du garage pour entrer chez lui ! » 3 - (l'enseignant fait un croquis)</p>	<p>« Les volumes et les fenêtres sont plus hauts, ça augmente la qualité des espaces sud (salle à manger, salon, cuisine). J'ai encore utilisé Sotro de Moura. »</p>
<p><b>Épisode 10</b> <u>Coupe Est (O.10)</u></p> <p>1 - La façade est correcte : simple, lisible. 2 - La protection solaire est nulle.</p>	<p>« Pour la façade, j'ai utilisé une référence : Sotro de Moura. » Pour la protection solaire, j'ai repris le système de volets de Carlos Ferrater. »</p>
<p><b>Épisode 11</b></p> <p>Plans, coupes, façades, axonométries et maquette, sont légendés et regroupés dans une petite plaquette évaluée collectivement par les enseignants de l'atelier.</p>	

Tableau 1b : Les épisodes de conception de O

Les réductions des dessins produits par O (O.1, O.2a, ..., O.10) dans ses simulations graphiques sont rassemblés dans la figure 4 (« simulations graphiques de O »).

ANNEXE 3

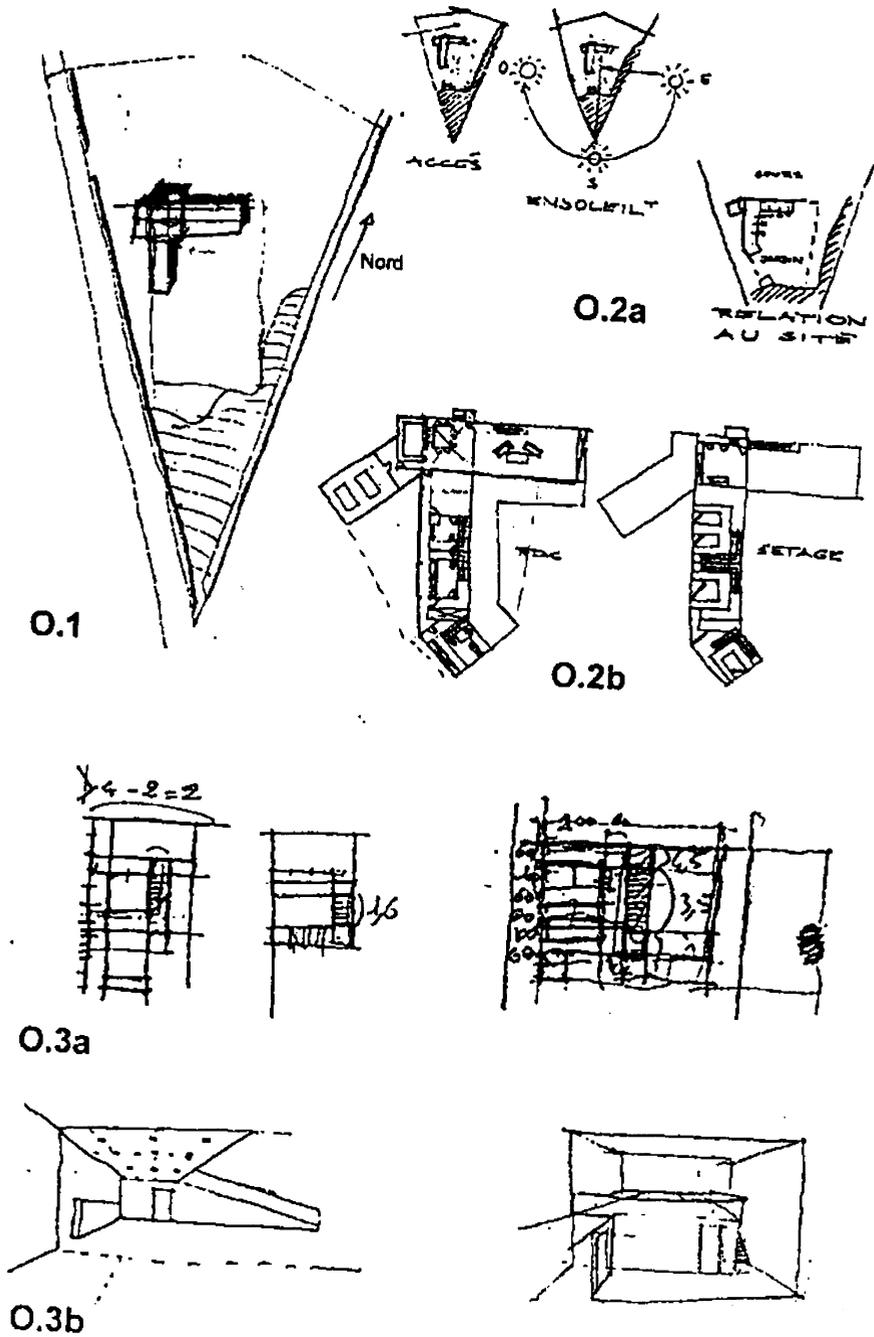


Figure 4 : Simulations graphiques de O

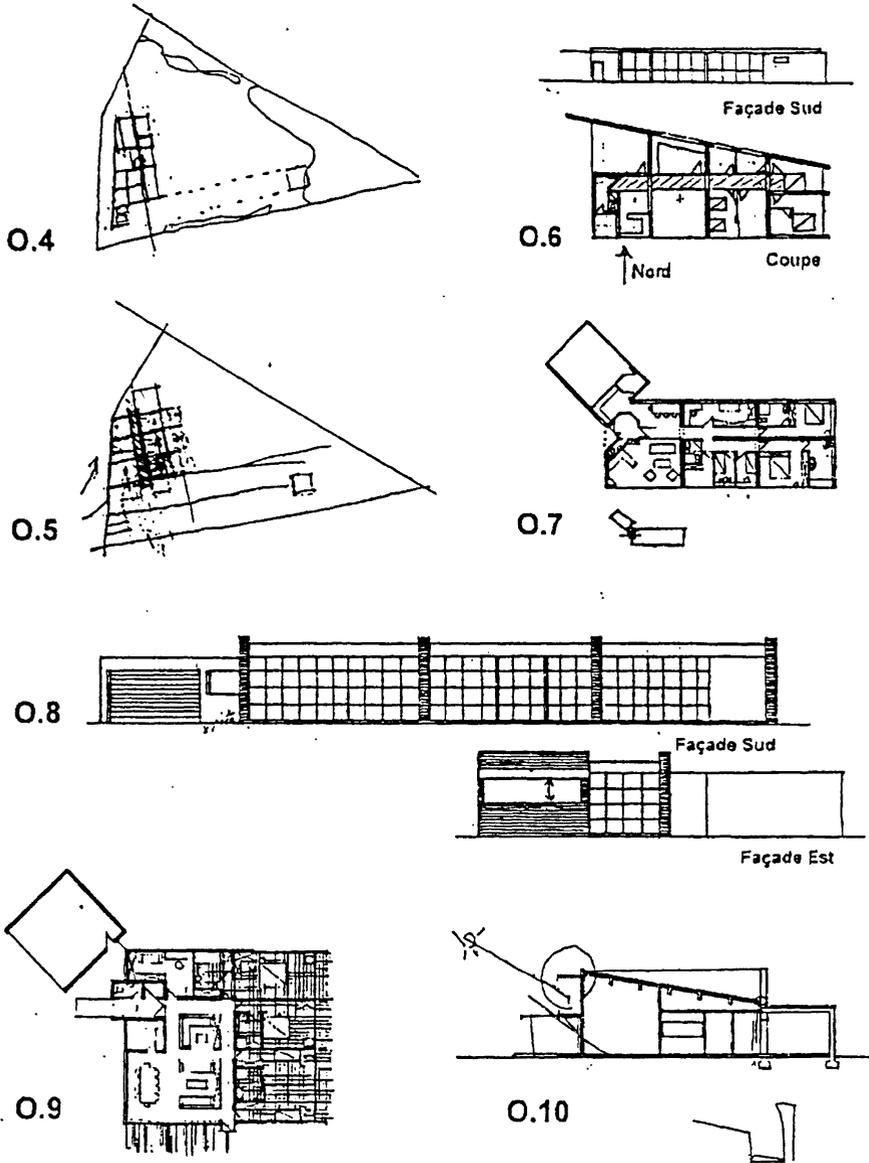


Figure 4 : Simulations graphiques de O

## ANNEXE 4

Moyens de simulation utilisés par l'étudiant suivi des interventions de l'enseignant	Commentaires de l'étudiant
<p><b>Épisode 1</b></p> <p><u>Simulations de postures ergonomiques (L.1)</u></p>	<p>« On définit collectivement des activités (se reposer, se nourrir, se laver, se réunir). Chaque étudiant travaille dans un petit groupe, sur une activité : j'ai choisi le groupe " se reposer " ». Tous les groupes se réunissent pour déduire collectivement les dimensions définitives de mobilier, à partir des résultats ergonomiques.</p>
<p><b>Épisode 2</b></p> <p><u>Organigrammes de combinaison des activités (L.2)</u></p> <p>1 - L'équipe enseignante expose les différentes possibilités de qualifier un plan carré par des critères architecturaux (cours).  2 - Cours sur la lumière naturelle.  3 - L'équipe d'enseignants distribue une grille d'activités que les étudiants doivent :  – définir avec précision ;  – pondérer en heures/habitant.  4 - Un organigramme exprimant intersection, union ou séparation entre activité, doit être produit par l'étudiant.</p>	<p>« Chaque petit groupe fixe le nombre d'heures passées par habitant (père, mère, enfants), pour chaque activité. Chaque petit groupe fait un organigramme, dont chaque élément est coloré en fonction d'une activité (vert/ " se reposer " ; bleu/ " se laver " ; etc.)  Chaque groupe corrige un autre groupe, et chaque groupe est corrigé par un autre groupe. »</p>
<p><b>Épisode 3</b></p> <p><u>Déclinaisons de carrés auxquels sont appliqués les critères architecturaux.</u>  <u>Déclinaisons de combinaisons de deux carrés (L.3)</u></p> <p>1 - L'équipe enseignante fixe la dimension des carrés à décliner (2 m/2 m)</p>	<p>« On recherche individuellement différentes possibilités de carrés combinant les critères de qualification architecturale qu'on nous a donnés ».  « On fait la même chose avec des assemblages de deux carrés »  « Ces carrés sont des volumes, des cubes que je vois dans ma tête, avec de la lumière, en plein milieu des champs. »</p>

Tableau 2a : Les épisodes de conception de L

Les réductions des dessins produits par L (L.1, L.2, ..., L.7) dans ses simulations graphiques sont rassemblés dans la figure 5 (« simulations graphiques de L »).

## ANNEXE 5

Moyens de simulation utilisés par l'étudiant suivi des interventions de l'enseignant	Commentaires de l'étudiant
<p><b>Épisode 4</b>  <u>Le nouvel organigramme tient compte de la « phrase hypothèse ».</u>  <u>Chaque élément de cet organigramme est qualifié par des critères architecturaux (L.4)</u></p>	<p>« J'ai choisi une phrase de Paul Valéry : " Les uns sont muets, les autres parlent, et d'autres enfin, qui sont plus rares, chantent ". Les espaces " muets " sont : " se laver et se reposer ". Ce sont des activités intimes.  Les espaces qui " parlent " sont : " se réunir et se nourrir ".  Le cinquième espace, c'est un espace centrifuge, central, qui réunit tous les autres : " chanter ".  On code chaque espace avec des pictogrammes exprimant chacun, les critères architecturaux les qualifiant (" centrifuge ", " grand ", etc.) ».</p>
<p><b>Épisode 5</b>  <u>Plans des espaces « se reposer » (L.5a) (L.5a) sans critère &amp; (L.5b) avec critères. Simulations de volumes (L.5c).</u>  1 - Dessiner les plans carrés des volumes correspondant aux fonctions définies par l'organigramme.  2 - <u>Corrections collectives</u> :  deux étudiants exposent leurs travaux en les argumentant et en étant tour à tour correcteur et corrigé ;  – évaluation publique.</p>	<p>« Je dessine les plans en utilisant les les dimensions de meubles extraits de l'étude ergonomique (épisode 1)  J'étudie plusieurs possibilités d'assemblage de " se reposer enfants " et de " se reposer parents ". Dans les premiers plans, je ne tiens pas compte des critères de qualification architecturale.  Dans une deuxième phase, je les applique aux plans. »</p>
<p><b>Épisode 6</b>  <u>Croquis de recherche</u> :  « se nourrir » lié à « se réunir » (L.6)  1 - Dessiner les plans des volumes correspondant aux autres activités (se nourrir, se laver, se réunir, cinquième volume).  2 - Utiliser les critères architecturaux.  3 - Utiliser le second organigramme  - Proposer des assemblages de paires de volumes (par ex. « se laver/se reposer »)</p>	<p>« Il faut réussir à appliquer tous les critères architecturaux dans chaque plan. Ces volumes n'ont pas d'épaisseur. On sait que " se reposer " est à l'est, que la lumière arrive par là, qu'il y a des opacités et des transparences. Un espace est " grand ", quand on libère la diagonale du carré de tout obstacle (meuble, etc.). Un tel espace est agréable, car il paraît grand à celui qui y vit. D'ailleurs un espace agréable ne peut être que grand ».</p>
<p><b>Épisode 7</b>  <u>Un plan final global (L.7)</u>  Les enseignants commentent et évaluent chaque présentation individuelle.</p>	

Tableau 2b : Les épisodes de conception de L

Les réductions des dessins produits par L (L.1, L.2, ..., L.7) dans ses simulations graphiques sont rassemblés dans la figure 5 (« simulations graphiques de L »).

ANNEXE 6

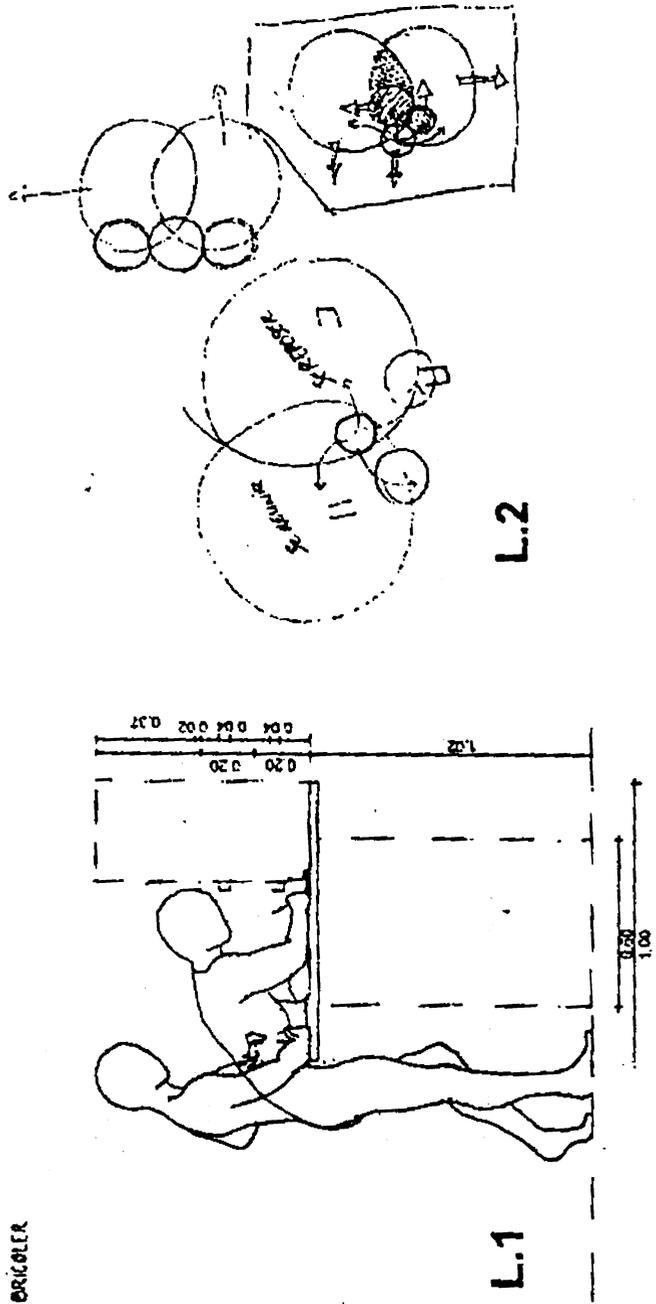


Figure 5 : Simulations graphiques de L

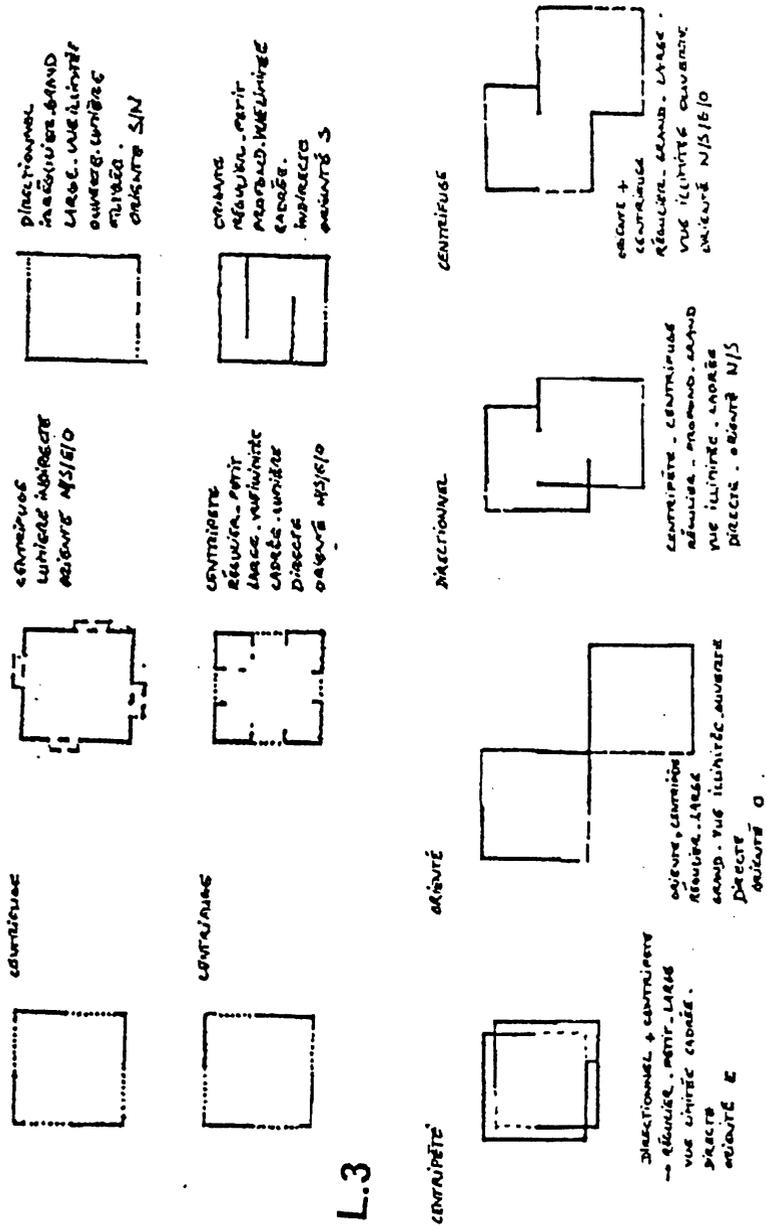
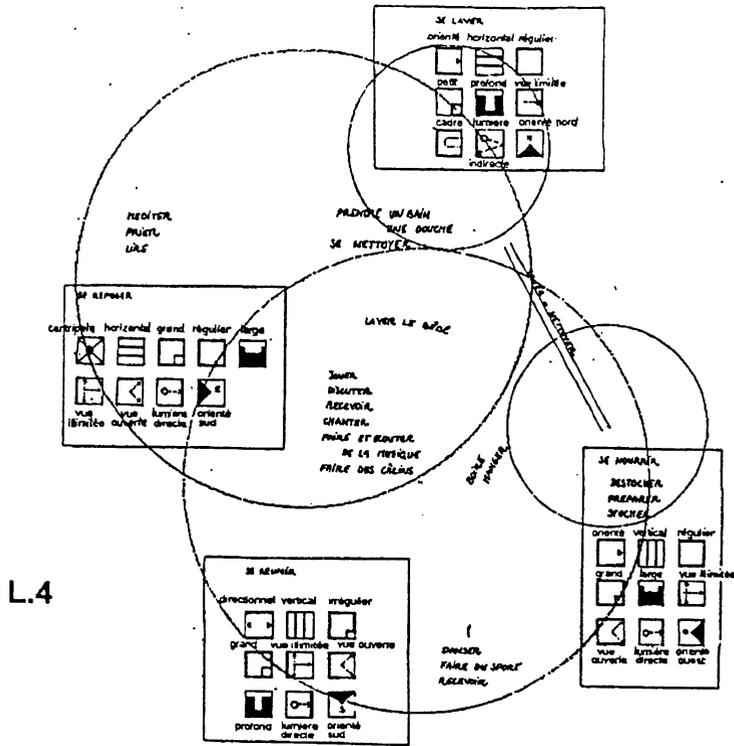
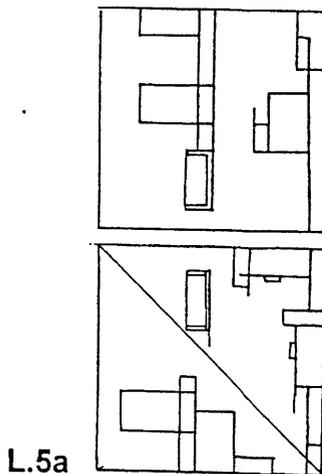


Figure 5 : Simulations graphiques de L



L.4



L.5a

L.5b

SE RÉMÉDIA - PAÏÉTÉS ET ENFANTS

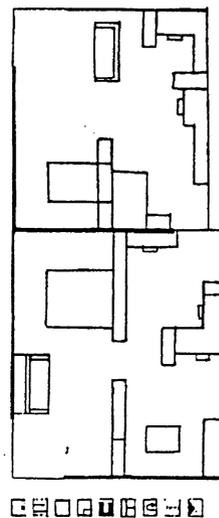


Figure 5 : Simulations graphiques de L

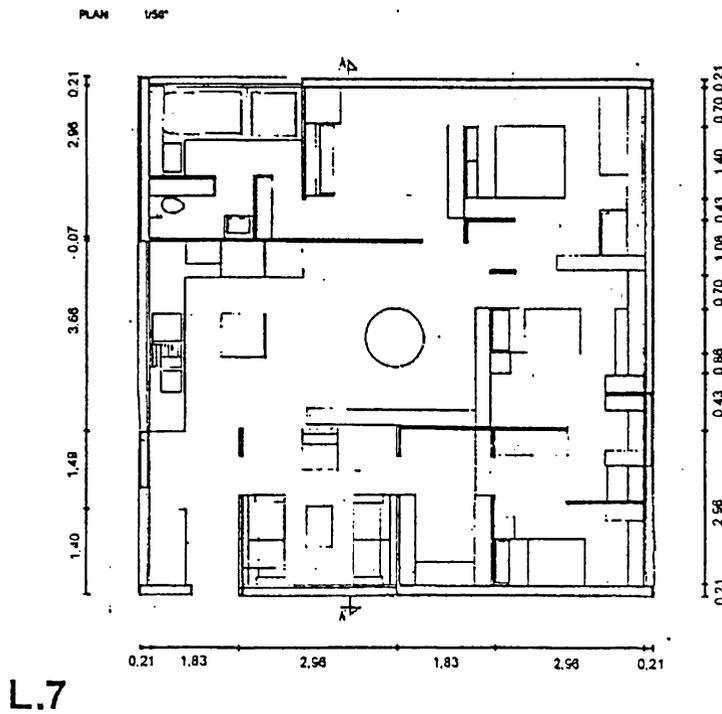
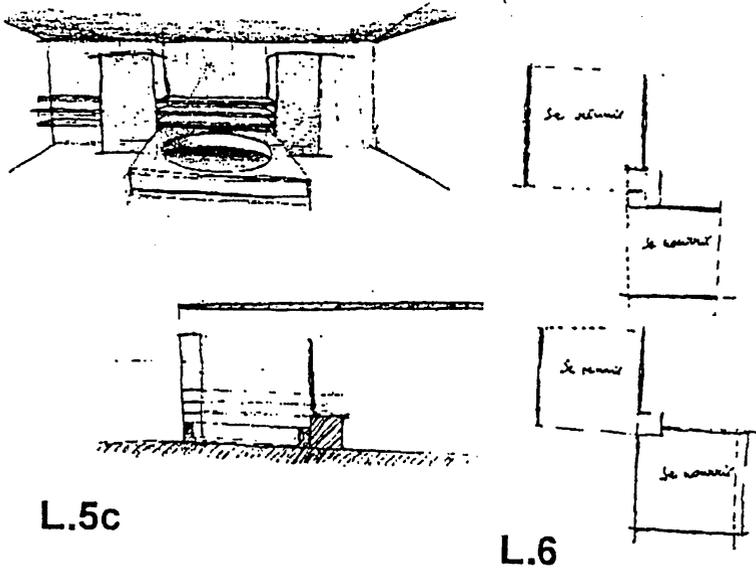


Figure 5 : Simulations graphiques de L

## ANNEXE 7

### REPRÉSENTATION DE L'EXERCICE PAR LES ÉTUDIANTS (O ET L) ET ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION DIDACTIQUE EXPRIMÉS PAR LES ENSEIGNANTS (J.S. ET L.S.)

#### La représentation de l'exercice d'après O

« Il fallait concevoir une petite maison pour une famille de quatre personnes, qui accueille des amis. On avait 150 m<sup>2</sup> habitables. Cette famille a une vie actuelle et des revenus suffisants pour acheter une maison en accueillant du monde. Le site était classé, avec une belle forêt de chênes verts. Dès le début j'ai fait une proposition : une équerre. J'avais trouvé cette référence d'architecture moderne chez un architecte chez qui j'ai travaillé. Je ne le referai pas, je critique ça énormément, actuellement.

Les principaux objectifs du projet étaient les relations intérieur/ extérieur et les espaces privatifs, comme par exemple, un type de chambre qui permette de s'isoler. Ce volume devait être suffisamment grand pour qu'on y soit à l'aise. En fait, je me suis imposé des règles par rapport à ma propre façon de voir la maison individuelle, car je vis dans une maison individuelle. Les exigences de maison individuelle que je projetais, c'étaient des espaces " jour " très grands, où on peut se retrouver et vivre en groupe. C'était ensuite une parcellisation de l'espace où on peut avoir une vie personnelle, une séparation de l'espace " parents " de l'espace " enfants ".

Le professeur voulait qu'on prenne totale possession du terrain, que la maison soit très installée dans ce terrain et non simplement posée dessus. Il voulait qu'on prenne conscience des positions du soleil et qu'en fonction de celles-ci, on s'installe sur le site en tenant compte des vues proches et lointaines. Comme on était dans le sud, il y avait une vie extérieure à gérer. Il fallait prévoir des espaces ensoleillés agréables le soir, des espaces à l'ombre, agréables à midi. Il nous a parlé de sa vision personnelle de la maison. Il aime bien le soleil dans la cuisine le matin. Il nous a beaucoup parlé de la cuisine à l'est et du repas de midi dehors, à l'ombre au soleil. Il avait dit qu'il fallait prévoir des endroits à l'ombre pour que l'espace extérieur soit habitable même aux heures les plus chaudes. Pouvoir surveiller de la maison, les gens arrivant au portail, était aussi un point important. Pour lui, la cuisine est un espace important. Tout le monde s'y retrouve. »

## **La représentation de l'exercice d'après L**

« Au début on commence par un travail d'ergonomie et d'usage, qui nous permet de donner des mesures idéales à du mobilier et à l'espace qui englobe ce mobilier. On passe après à autre chose quand on prend un carré et qu'on voit les critères de qualification d'espace architectural qui s'appliquent à ce carré. Il combine des surfaces opaques et des surfaces non opaques. À partir de là, on fait un organigramme pour organiser les espaces qui correspondent aux quatre activités principales : se reposer, se laver, se nourrir, se réunir. On nous a demandé de choisir une phrase qu'on aimait (" les uns sont muets, les autres parlent, et d'autres qui sont plus rares, chantent "). On y a travaillé 3 mois ! Et en fonction de sa signification, on a modifié le premier organigramme. Un espace peut correspondre à un critère de qualification architectural sans qu'il soit exactement identique au code de base. Il suffit qu'il s'en rapproche de 50 %, et c'est déjà bien. On arrive à un logis de 10 m/10 m, hors de tout site. Il faut toujours avoir à l'esprit que ce carré est un plan. Il exprime un volume, mais ce volume n'est pas forcément visible. Cependant, quand on fait la maquette, ce volume devient concret. Par exemple, un espace " horizontal " comme " se reposer ", se définit par la lumière qui y entre. Par conséquent, c'est un volume dont les fenêtres seront des bandeaux horizontaux. On sait que se reposer est à l'est. La lumière qui arrive de l'est, arrive de façon horizontale par rapport à la surface vitrée des fenêtres en bandeau. Elle risque de rencontrer des obstacles verticaux comme les meubles, les bureaux, etc. Pour créer un espace grand, on libère alors une diagonale, de manière à ce que la lumière traverse toute la pièce sans obstacle. Je me suis aperçu que ça marchait ! Un espace dont une diagonale est libre, paraît grand à celui qui s'y trouve.

En fait, je n'ai pas acquis de compétence au niveau de mes goûts, mais au niveau de l'analyse architecturale. Je suis capable de donner des critères architecturaux à n'importe quel bâtiment. Ça permet de voir plus clair. Un plan, dans une revue, si ça m'intéresse, je l'imagine immédiatement en volume. »

## **Les éléments de construction didactique exprimés par les enseignants**

### **La représentation opérative de l'étudiant d'après J.S. : l'étudiant doit acquérir des outils pour penser les bâtiments**

« Il faut que l'étudiant ait acquis les outils pour penser les bâtiments, en partant d'un terrain, d'un programme, en le mettant en volume, en

travaillant le rapport " structure/espace/lumière ", les problèmes d'enveloppe, de façade, de signalétique, etc. Il doit acquérir une problématique élargie, c'est-à-dire que quand il conçoit une caserne de pompiers ou un kiosque à musique, il doit toujours situer son projet dans un domaine de pensée plus large, dans une écologie formée par la ville (englobant le politique, l'économique, etc.)

Dans mon enseignement j'essaie de transférer les énergies des uns sur les autres. Je vois que tous n'ont pas les mêmes facilités. Des étudiants habiles sont parfois mauvais à la sortie de l'école et inversement. J'essaie de faire progresser les moins habiles en m'appuyant sur les plus habiles. Ce qui m'intéresse, c'est le niveau général de l'atelier. J'attends surtout d'eux qu'ils aient répondu aux paramètres des exercices. J'exige qu'ils respectent certains principes, comme être à l'heure, car dans la vie professionnelle, échapper au format de document prescrit ou au respect de l'heure, c'est perdre un projet. »

### **La représentation opérative de l'étudiant d'après L.S. : l'étudiant doit se surprendre et se critiquer**

« L'étudiant idéal n'est jamais content, il se critique en permanence. Pour atteindre ce résultat, on n'explique jamais les tâches qu'on lui demande de réaliser. Dans " le logis ", on révèle semaine après semaine l'objectif poursuivi, on lui impose un canevas strict, avec un objectif qui n'est dévoilé qu'au jour le jour. Nous voulons éviter qu'il prenne des raccourcis pour trouver une solution, sans faire le travail nécessaire pour y parvenir. Si on explicitait tout, il raterait l'occasion de se surprendre. C'est un principe de l'atelier. L'explicitation par l'enseignant, de la totalité du processus pédagogique, à l'étudiant, a pour but, non pas de faire fonctionner l'étudiant, mais de rassurer l'enseignant. La surprise de l'étudiant provient du fait qu'il avance en aveugle, qu'il se voit faire et qu'il se surprend en faisant.

On essaie de mettre en place des dynamiques de groupe. Ça va permettre de garantir un minimum de cohésion, dès la première année d'atelier. On se sert de celui qui a le plus lu pour formuler une opinion. Il y a aussi celui qui sait immédiatement dessiner qui sera chargé de produire un objet sur lequel plusieurs pourront échanger des compétences. Certaines phases d'exercice vont stimuler les scientifiques, là, les autres seront peut-être perdus, puis à nouveau, c'est celui qui savait dessiner qui va reprendre le leadership... »

## La représentation de l'exercice chez les enseignants

**J.S. : « Il ne sait pas tout, mais il a acquis un certain nombre de savoir-faire »**

« En cours d'exercice, l'étudiant se construit progressivement une conviction, que tu critiques au fur et à mesure. À l'issue de ça, il a obtenu un cadre. Il ne sait pas tout, mais il a acquis un certain nombre de savoir-faire : la photographie d'architecture, l'analyse du site, la maquette. Il lui faut un professionnalisme, une technicité. C'est une condition d'accès au travail. On insiste sur des objectifs. L'objectif économique, c'est que l'architecte fasse une maison sur mesure, quand il construit son espace au client, ce n'est pas une maison industrielle. L'étudiant doit découvrir cette réalité économique. Le second objectif, c'est l'intégration à un site. C'est une intelligence du terrain et du paysage. Le troisième objectif, c'est la traduction des références et des modèles culturels et en même temps, leur transgression (jardin, piscine, garage, atelier, etc.) On ne peut se construire, un moment, qu'avec des modèles. Mais en même temps, j'entretiens une critique de la référence. Si dans les façades à la mode il y a des sérigraphies, je demande aux étudiants de dire à quoi ça sert, quand il les emploient pour un entrepôt ou une école, en se mettant à la place des utilisateurs quotidiens. Le dernier point fort concerne la qualité d'une maison individuelle. Ses habitants doivent être bien ciblés. »

**L.S. : « Nous ne sommes pas très convaincus par la boîte noire »**

« Nous ne sommes pas très convaincus par la boîte noire. Par conséquent, on doit aider l'étudiant à une construction mentale cohérente, et lui donner les moyens de vérifier tous ses choix de conception. Grâce aux critères de qualification d'espaces architecturaux (figure 3), il va prendre conscience qu'il y a des qualifications relatives et d'autres qui sont absolues. Par exemple, il va prendre conscience qu'un espace de petite dimension peut paraître grand quand l'architecte le désire, et inversement, paraître petit, quand il est grand. Aucune expérience professionnelle ne peut permettre à l'étudiant d'atteindre cet univers sophistiqué et de le maîtriser. L'autre pédagogie serait de lui faire faire l'apprentissage de bâtiments concrets pendant quinze ans. Ça, ça serait la politique de la fameuse boîte noire.

On l'installe dans un cadre de manipulation extrêmement réduit qui est le carré. Dans ces conditions, on peut aborder des outils méthodologiques fondamentaux (l'organigramme, le plan, la maquette). On lui demande ensuite de s'approprier subjectivement cet organigramme en

s'inspirant de cette phrase poétique, de manière à ce qu'il personnalise son organigramme. Cette personnalisation va le motiver. Mais en même temps, on va limiter cette personnalisation, car on va lui interdire, à travers nos corrections, de transgresser certains critères fondamentaux d'orientation d'un logement (principes généraux d'orientation des façades au nord, au sud, à l'est et à l'ouest). De cette manière, on le place volontairement et systématiquement dans des situations paradoxales !

Comme il doit toujours réfléchir à ce qu'il fait, il se trouve confronté à un processus savant, non intuitif. Un architecte est quelqu'un qui sait construire un espace, non l'imaginer spontanément ! »

Cet article a été reçu le 7/03/2000 et accepté le 10/10/2000.



## **Pratiques d'enseignement en technologie : quels objets et activités du domaine électronique au collège ?**

### **Teaching practices in technology education : which objects and activities in electronics area at junior high school ?**

**Olivier FOLLAIN, Joël LEBEAUME**

LIREST-GDSTC, ENS de Cachan  
61 avenue du Président Wilson  
94235 Cachan cedex, France.

#### **Résumé**

*À une période de changement de programmes et de configuration de la technologie, l'enquête sur les pratiques d'enseignement décrit et analyse les activités mises en œuvre dans le domaine « électronique ». Croisant des données empiriques ainsi que des réponses à un questionnaire, cette étude dresse un état des pratiques en identifiant en particulier les produits réalisés, les procédés utilisés, les références implicitement évoquées ainsi que les tâches des élèves. La connaissance de ces pratiques suggère des orientations pour la formation continue des professeurs aux nouveaux programmes.*

**Mots clés :** *didactique de la technologie, pratiques d'enseignement, collège, projets techniques, électronique.*

### **Abstract**

*In period of changing technology education curriculum, an inquiry about teaching practices describes and analyzes activities in electronics area. Crossing empirical data and replies to a questionnaire completed by technology teachers, this inquiry draws up a state of teaching practices, identifying technical projects, technical actions implemented, references and tasks of pupils. These pieces of knowledge about teaching practices suggest some orientations for in-service teachers training about new curriculum.*

**Key words :** *didactics of technology education, teaching practices, junior high school, technical projects, electronics.*

### **Resumen**

*En un período de cambio de programas y de configuración de la tecnología, la investigación sobre las prácticas de enseñanza describe y analiza las actividades ejecutadas en el dominio « electrónico ». Cruzando datos empíricos así como respuestas a un cuestionario, este estudio dirige un estado de las prácticas identificando en particular los productos realizados, los procedimientos utilizados, las referencias implícitamente evocadas así como las tareas de los alumnos. El conocimiento de esas prácticas sugiere orientaciones para la formación continua de los profesores a los nuevos programas.*

**Palabras claves :** *didáctica de la tecnología, prácticas de enseñanza, colegio, proyectos técnicos, electrónica.*

## **1. LA TECHNOLOGIE EN FRANCE**

En France, la technologie est une discipline obligatoire pour tous les élèves de l'école moyenne depuis 1985, après un peu plus de vingt ans de nombreuses hésitations (Lebeaume, 1996a). À partir de 1996, la publication de nouveaux programmes contribue à la reconfiguration de cette discipline scolaire (Lebeaume & Martinand, 1998) pour laquelle l'approche de réalisation demeure l'une des caractéristiques fondamentales. Les activités scolaires proposent aux élèves des expériences de productions collectives et des réalisations sur projet dont les visées s'inscrivent dans les missions du collège : préparation à l'orientation scolaire, acquisition de

compétences pour saisir le monde de la technique et agir dans ce milieu technicisé.

## **1.1. Des nouveaux programmes**

Les nouveaux textes nationaux introduisent deux changements majeurs apparents dans chacune des parties des programmes : technologie de l'information et réalisations sur projet. Le premier est lié au bouleversement technique des capacités des ordinateurs et à la généralisation de leur usage ce qui implique un apprentissage systématique des applications usuelles dans les domaines industriels et tertiaires. Le second concerne les activités de réalisation. En effet, de 1985 à 1996, les programmes suggéraient une compartimentation des contenus selon les domaines de la mécanique, de l'électronique et de l'économie-gestion. L'organisation des locaux en salles spécialisées et, à partir de 1987, le recrutement des enseignants grâce à un concours avec trois options (construction mécanique, construction électrique et gestion) accompagnaient cette juxtaposition d'activités industrielles et commerciales. En revanche, les nouveaux programmes effacent ces découpages initiaux, ce que confirme la disparition des options du concours (Arrêté du 17 août 1998) et ce qu'avait anticipé le guide d'équipement des salles de technologie (Ministère de l'Éducation Nationale, 1986). En outre, ces réalisations sur projet sont aujourd'hui conçues et définies en référence à des pratiques socio-techniques explicitement désignées, alors que ce rapport aux réalités industrielles et économiques apparaissait seulement en filigrane des textes précédents (Martinand, 1995).

Ainsi, deux parties composent aujourd'hui la technologie : des « unités » représentant environ le tiers du temps d'enseignement et plus particulièrement centrées sur l'apprentissage de l'usage de l'ordinateur ; des réalisations sur projet initiées en 6<sup>e</sup> par la découverte des objets et des procédés, diversifiées en 5<sup>e</sup>-4<sup>e</sup> grâce à des ensembles de réalisation désignés par des « scénarios » tels que « étude et réalisation d'un prototype », « essai et amélioration d'un produit », « extension d'une gamme de produits », etc., puis, en 3<sup>e</sup>, prises en charge par les élèves avec le développement d'un projet.

## **1.2. Des propositions pour l'enseignement**

Les changements prescrits par les nouveaux textes officiels contribuent à la structuration stable de la plus jeune des disciplines scolaires au collège tout en prenant appui sur dix ans d'installation dans les

établissements scolaires et dans les pratiques des enseignants. Au cours de cette période, la technologie a progressivement pris forme dans les collèges, suscitant des innovations pédagogiques, des essais empiriques et des suggestions d'activités. Conjointement, les éditeurs ont multiplié les propositions offrant sur ce nouveau marché des supports et des dossiers techniques. Leurs catalogues mettent ainsi à disposition des « kits pédagogiques » susceptibles d'être utilisés par les professeurs pour mettre en place les activités d'enseignement-apprentissage. Ce sont généralement des objets obtenus par pliage ou façonnage de matières plastiques en feuilles, par exemple porte-CD ou nécessaires de bureau. Il s'agit aussi d'objets électroniques composés d'un circuit imprimé supportant des composants inclus dans un boîtier et proposés avec un emballage pour une commercialisation éventuelle. Alarme de tiroir, lampe de bureau ou enregistreur de messages en sont quelques exemples qui montrent la variété de leur complexité fonctionnelle et structurelle.

### 1.3. Des pratiques d'enseignement

Les curriculums prescrits comme les curriculums ainsi proposés par les éditeurs ne rendent pas compte des curriculums réels dont les différences, voire les contrastes, ont été maintes fois soulignés (Perrenoud, 1993). En ce sens, pour la technologie enseignée, le rapport de l'inspection générale mentionne avec regret ce constat : « ... *certaines enseignants dispensent encore un discours sur la technologie, avec des pages et des pages d'écriture, des projets réalisés au tableau ou des activités de cartonnage pour les fêtes de fin d'année* » (Inspection Générale de l'Éducation Nationale, 1997, p. 102). Estimées à près de 15 %, ces pratiques déviantes sont affectées à une frange d'enseignants marginaux qui inventent leur « technologie » en spécialisant aussi les travaux des élèves sur la connaissance de l'entreprise, les travaux informatiques ou le dessin technique.

Toutefois, au cours de la période d'installation de la technologie, sa prise en charge par les enseignants n'a donné lieu à aucune enquête nationale sur les pratiques effectives des professeurs. Sont disponibles seulement trois études locales et partielles qui renseignent sur l'état des pratiques. Ainsi G. Sornin-Montet (1996) repère par l'analyse de deux cents cahiers de textes, l'enseignement de trente six professeurs du département de l'Essonne. Elle distingue alors une très grande majorité de projets techniques relevant du domaine de l'électronique. L'enquête par questionnaire de J.-L. Laurent (1996) révèle que dans les académies d'Orléans-Tours, de Versailles et de Paris, les projets identifiés par les professeurs dans le domaine de la mécanique sont en très grande majorité

des activités de mise en forme de matières plastiques. L'enquête montre également que les enseignants préfèrent « un dossier clef en main » qu'ils adaptent à leur goût. Cette pratique est également nettement apparente dans l'enquête effectuée par l'une des associations de professeurs de technologie, auprès de ses membres (Association des Enseignants d'Activités Technologiques, 1997).

Ces enquêtes renseignent sur les pratiques effectives des enseignants mais ne donnent que quelques indications sur les activités d'enseignement-apprentissage des élèves.

#### **1.4. Contexte et enjeux**

Le contexte précédemment décrit montre trois points essentiels : une installation progressive de la technologie, une connaissance superficielle des pratiques des enseignants et une période de structuration de la discipline. Or le changement de programme à partir de la rentrée 1996 implique l'adaptation des pratiques enseignantes aux exigences des nouvelles prescriptions. Il impose également la conception des architectures de formation continue en appui sur les changements de pratiques induits par la modification réglementaire. Connaître les pratiques des professeurs, tenter de les caractériser et de les saisir représentent ainsi des enjeux essentiels pour l'intervention en formation.

## **2. PROBLÉMATIQUE**

Compte tenu des enjeux pour la formation continue, il s'agit d'une part de mieux connaître les curriculums réels en repérant en particulier les contenus enseignés et d'autre part d'identifier les motifs qui président aux décisions des enseignants sur ces activités d'enseignement-apprentissage.

### **2.1. Une recomposition des pratiques d'enseignement**

Les pratiques d'enseignement de la technologie peuvent être examinées en tant que pratiques professionnelles au sens de F. Blin (1997) qui les situe dans leurs relations avec l'identité professionnelle du corps professoral et avec l'identité disciplinaire qu'elles représentent. Ce point de vue psychosocial est susceptible d'informer sur les résistances éventuelles au changement. Bien que les nouveaux programmes affectent l'identité professionnelle des enseignants, la nature des modifications qui confirment surtout les orientations fondamentales de la discipline ne peut être

considérée comme une rupture générant des bouleversements d'identité tels que ceux liés au changement antérieur lors du passage de l'éducation manuelle et technique à la technologie (Gonnin et al., 1989). Il s'agit plus modestement d'une recombinaison de pratiques et de leur ajustement selon les orientations des nouveaux programmes.

## **2.2. Les pratiques du domaine électronique**

Pour la technologie, le domaine des pratiques du domaine électronique tel qu'il apparaît dans la compartimentation de la discipline définie jusqu'en 1996 s'avère être le plus intéressant pour une raison majeure. En effet, la référence aux pratiques socio-techniques que suggèrent les programmes, représente une question essentielle pour ce domaine de pratiques. L'évolution voire les révolutions technologiques des pratiques industrielles mettent en question la relation à ces pratiques. Depuis le lancement de la technologie, les pratiques industrielles ont considérablement changé : généralisation de techniques initialement marginales et abandon de procédés alors répandus, miniaturisation et intégration des composants d'abord centimétriques puis millimétriques enfin micrométriques. Dans ces conditions, quelles sont les références implicites des activités proposées aux élèves ? Quelles sont les caractéristiques des pratiques d'enseignement dans ce domaine de réalisation ? En outre, il est important de percevoir les tâches des élèves. Que font réellement les élèves dans ce domaine de conception-réalisation-production ? Quelles sont les opérations qui leur sont dévolues et quelles sont celles qui ne sont pas abordées en classe ? Quelle est aussi la nature de leurs tâches ? S'agit-il d'expérimentations sur plaques d'essais, de mesures à l'aide d'instruments, d'assemblages de composants ou de fonctions ? Quelle est en somme la technicité des tâches des élèves qui, selon M. Combarous (1984), correspond à la synergie de trois composantes que sont la rationalité technique, l'usage d'engins ou d'artefacts et la spécialisation des rôles ? Si l'on considère, comme le font les programmes, que la technicité de ces tâches est un élément fondateur de la technologie, quelle rationalité technique est sollicitée lors des activités des élèves, quels rôles jouent-ils, sur quels engins leurs actions sont-elles orientées ?

## **2.3. Les pratiques d'enseignement**

Au delà des questions spécifiquement relatives au domaine de l'électronique, les pratiques d'enseignement intègrent des choix curriculaires concernant la gradation des tâches, leur programmation et leur mise en œuvre. Quelle progressivité accompagne ces pratiques au cours des quatre

années au collège ? Le cas échéant, comment les professeurs intègrent-ils les progrès des élèves dans la série des activités mises en œuvre ? Comment choisissent-ils les objets qu'ils font réaliser en classe ? Sur quels critères sont fondées ces sélections ? S'agit-il de critères intrinsèques à la discipline, en fonction de la technicité que ces produits recouvrent ou bien de critères plus extrinsèques dépendant des conditions de l'enseignement ? À cet égard, quelles sont éventuellement les contraintes qui induisent ces choix préférentiels, telles que le prix ou l'intérêt des élèves ?

L'exploration des pratiques d'enseignement en technologie et plus particulièrement de celles qui relèvent du domaine électronique selon la compartimentation initiale des programmes, souhaite ainsi répondre à un ensemble de questions sur les tâches des élèves, leur nature, les supports utilisés, les opérations effectuées et leurs relations aux références, implicites ou éventuellement explicitées. Mais compte tenu de la faible structuration de la discipline par les programmes de 1985, l'hypothèse est faite que les pratiques d'enseignement sont guidées par des choix qui ne prennent pas spécifiquement appui sur les éléments fondateurs et organisateurs de la discipline.

### **3. MÉTHODOLOGIE ET RECUEIL DE DONNÉES**

La double perspective descriptive et interprétative des pratiques d'enseignement de cette étude s'appuie sur le recueil de deux types de données indirectes (Follain, 1997). Les premières sont les traces de ces pratiques que constituent les objets produits par les élèves. Les secondes sont les réponses à un questionnaire renseigné par les professeurs de technologie. Ces choix méthodologiques sont liés à la spécificité des activités de réalisation en technologie et aux contraintes du recueil de données sur les pratiques scolaires.

#### **3.1. Des objets témoins des pratiques**

Les objets ou les produits réalisés en classe que l'usage tend à désigner par le terme « projets », constituent des traces des pratiques scolaires. Ce sont aussi des témoins indirects des activités scolaires qui permettent la reconstruction des pratiques potentiellement associées à leurs réalisations. V. Isambert Jamati (1984) reconstitue ainsi les pratiques d'enseignement des activités manuelles et physico-technologiques dans les classes élémentaires. D'une façon analogue, mais dans une enquête historique, J. Lebeaume (1996b) reconstruit les pratiques d'enseignement du travail manuel à partir du recensement des objets réalisés et des

fournitures acquises par les écoles élémentaires de 1960 à 1985. Ces reconstructions exigent cependant des triangulations de données, par exemple, grâce au repérage des tendances de l'offre scolaire, des témoignages directs des enseignants ou des traces de la mise en œuvre de l'enseignement.

Les objets produits en technologie portent intrinsèquement des informations sur les tâches potentielles des élèves. Selon leur organisation fonctionnelle, leur complexité structurelle, les solutions techniques choisies, les composants associés aux fonctions techniques, les procédés de fabrication mis en œuvre, ils portent ainsi, en filigrane, les orientations pédagogiques concernant les apprentissages visés, les opérations effectuées, les rôles menés ainsi que les pratiques sociales auxquelles ils se réfèrent. Les objets produits ne peuvent pas cependant renseigner sur les organisations individuelles ou collectives de ces réalisations. Le nombre d'objets réalisés est, en revanche, susceptible d'informer sur ces organisations : une production importante en volume renvoyant vraisemblablement l'image d'une production collective sur un mode industriel ; une production plus faible, celle d'une fabrication individuelle sur un mode domestique.

Ces objets scolaires sont en outre le reflet de la perception qu'ont les enseignants du « domaine électronique », des capacités des élèves et des principes de progressivité de l'enseignement. La distinction des objets techniques selon les classes de la 6<sup>e</sup> à la 3<sup>e</sup> précise aussi les conceptions qui structurent les actions des enseignants.

### **3.2. Un recensement des objets produits**

Un premier repérage est effectué à partir de l'analyse d'entretiens avec les principaux fournisseurs et de l'étude de leurs catalogues. Si cette première source permet assez facilement de dresser un panorama des objets produits, elle ne renseigne pas sur les variations selon les niveaux. Une deuxième source d'informations apporte les éléments de réponse. Il s'agit de la base de données des projets mis en œuvre dans l'académie de Poitiers. Celle-ci recense exhaustivement l'ensemble des productions dans chaque établissement et pour chaque niveau : 164 collèges, 400 professeurs, 911 projets techniques. À l'initiative de l'équipe de formateurs de cette académie, cette base de données, unique en France, catégorise les produits selon les champs suivants : identification de l'établissement, du professeur, du projet mis en œuvre et du niveau correspondant (Pénichou, 1996). L'exploitation de cette base de données grâce aux requêtes permet de repérer les choix réels que font les enseignants.

### 3.3. Des pratiques masquées par les objets

Le recensement des objets produits ne peut cependant se substituer à l'étude des pratiques des enseignants. Les données recueillies ne permettent en effet que de dresser un état de ces pratiques et de suggérer des hypothèses interprétatives. À cet effet, une enquête par questionnaire souhaite approcher les pratiques des enseignants. Toutefois cette investigation se heurte au « traumatisme » des enseignants de technologie interrogés sur leurs pratiques, noté par G. Sornin-Montet (1996). En ce sens, une première tentative à l'échelle d'une académie s'est révélée infructueuse avec un très faible taux de réponses (inférieur à 10 %). Cette difficulté a conduit au choix d'un public « captif » constitué de professeurs de technologie regroupés lors d'actions de formation continue. Ce sont ainsi 90 questionnaires renseignés en janvier 1997 par des professeurs de la région parisienne (Paris-Créteil-Versailles) et de trois académies de province (Orléans-Tours, Rennes, Poitiers) qui informent sur les pratiques d'enseignement. Les questions posées portent sur les objets que les professeurs réalisent en classe, leur nombre, le nombre d'élèves concernés, le prix du produit, son origine et les raisons de son choix. Elles demandent aussi le niveau scolaire concerné par chaque objet, les tâches des élèves, les ressources dont ils disposent (annexe 1).

Le choix du recueil de données par questionnaire auprès d'enseignants en formation, induit par les contraintes de l'étude et les difficultés d'investigation sur les pratiques d'enseignement, est susceptible de biaiser les résultats. D'une part, il s'agit de discours des professeurs sur leurs pratiques donc essentiellement des propos sur ce qu'ils prétendent faire. D'autre part, l'échantillon ainsi interrogé ne peut être considéré comme représentatif du corps professoral. La passation dans des régions contrastées a souhaité en ce sens introduire une diversité dans le groupe des professeurs interrogés (annexe 2).

Avec les limites qu'imposent ces choix et ces contraintes méthodologiques, sont d'abord présentés le recensement des objets produits en classe et son analyse. Puis sont étudiées les tâches des élèves lors de ces productions en examinant plus particulièrement la progressivité des activités et leurs références aux pratiques socio-techniques. À partir de cette reconstruction critique des pratiques d'enseignement, sont enfin mis en évidence les problèmes fondamentaux de formation.

## 4. LES OBJETS PRODUITS AU COLLÈGE

### 4.1. Des objets électroniques

La base de données de l'académie de Poitiers permet d'identifier les objets produits grâce aux requêtes sur les champs disponibles « projet » et « niveau ». Il convient cependant de discriminer ces fabrications par leur nom commercial. Les informations des catalogues des fournisseurs permettent alors d'identifier ceux à contenu électronique parmi les autres et d'étudier leur répartition selon les niveaux.

Classe	N projets	N projets électroniques	Projets électroniques les plus cités		
			Désignation	N (part en %)	Total (part %)
6 <sup>e</sup>	240	112/240 46 %	Porte-clés lumineux	36/112 (32 %)	} 58/112 (52 %)
			Testeur de continuité	14/112 (12 %)	
			Labyrinthe	8/112 (7 %)	
5 <sup>e</sup>	231	204/231 88 %	Alarme	33/204 (16 %)	} 75/204 (37 %)
			Attente téléphonique	28/204 (14 %)	
			Brassard	14/204 (7 %)	
4 <sup>e</sup>	224	199/224 88 %	Attente téléphonique	51/199 (26 %)	} 117/199 (59 %)
			Alarme	36/199 (18 %)	
			Minuteur	30/199 (15 %)	
3 <sup>e</sup>	216	183/216 85 %	Ampli pour baladeur	55/183 (30 %)	} 86/183 (47 %)
			Minuteur	22/183 (12 %)	
			Attente téléphonique	9/183 (5 %)	

**Tableau 1 : Projets réalisés selon les classes  
(Académie de Poitiers, année 1996-1997 ; source : base de données)**

En 6<sup>e</sup>, environ un projet sur deux relève du domaine électronique. En 5<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup>, la proportion atteint près de neuf projets sur dix. Ce contraste invite à formuler deux hypothèses interprétatives : pour les classes de 6<sup>e</sup>, les professeurs conduisent plusieurs projets dans des domaines différents (en particulier des projets à dominante mécanique) ; ils considèrent que les projets du domaine électronique sont inadaptés à ce niveau de classe. Cette seconde hypothèse est sans doute la plus vraisemblable car le nombre de projets pour chaque classe est sensiblement identique : de 240 en 6<sup>e</sup> à 216 en 3<sup>e</sup>, avec une diminution faible mais constante d'un niveau à l'autre.

## 4.2. Des produits vedettes

La présentation des objets mis en œuvre au collège dans l'académie de Poitiers fait apparaître un éventail limité. En effet, excepté pour les classes de 5<sup>e</sup>, deux objets représentent plus de 40 % des projets électroniques réalisés et trois objets environ la moitié d'entre eux. Du point de vue statistique (test de Khi2,  $P = .01$ ), les choix des professeurs en termes de fabrication ne doivent rien au hasard pour les classes de 6<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup>. Pour les classes de 5<sup>e</sup> et de 4<sup>e</sup>, la sélection est moins sensible. C'est comme si certains objets étaient « obligatoires » pour les classes initiales et terminales alors que les objets réalisés dans les classes intermédiaires admettaient plus de variabilité.

Toutefois, l'analyse qualitative des données indique une sélection contrastée selon les classes du collège. Cette sélection est confirmée par les fournisseurs qui s'avèrent, hélas, avares de renseignements. Pour des raisons de confidentialité, les informations recueillies, relatives aux volumes des ventes, ne peuvent être présentées. Toutefois, les chiffres indiqués confirment les tendances observées tout comme l'analyse des catalogues qui révèle que ces produits « vedettes » sont référencés chez la plupart des fournisseurs.

## 4.3. Quelques différences locales

Les réponses aux questionnaires renseignés par les enseignants de quatre académies confirment les résultats précédents (tableau 2) : standardisation des projets par classe, plus grande variété en 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup>. Pour les projets les plus cités, en l'occurrence le porte-clés lumineux en 6<sup>e</sup> et l'amplificateur pour baladeur en 3<sup>e</sup>, les résultats sont comparables d'une académie à l'autre. C'est le signe d'une relative homogénéité des pratiques, à la fois intra-académique mais aussi inter-académique. En revanche, les produits conduits dans les classes intermédiaires diffèrent d'une académie à l'autre et au sein d'une même académie.

Dans les académies de Rennes et d'Orléans-Tours, les projets apparaissent plus diversifiés. Bien que cette différence constatée puisse dépendre du nombre assez faible de questionnaires renseignés, elle peut aussi indiquer des variations dans les modalités locales de l'organisation et du pilotage de l'enseignement de la technologie. Ces nuances ou ces différences entre les pratiques peuvent en effet être supposées en relation avec des modèles pédagogiques locaux qu'il conviendrait de tenter de caractériser à partir de l'analyse des publications académiques, de leurs commentaires par les inspecteurs ou les formateurs ainsi que par des observations de développement du curriculum à partir de l'analyse des classeurs des élèves ou des cahiers de textes par exemple. Cette étude sur les dispersions inter-académiques reste à faire.

Classe	Académie	Projet n° 1	Projet n° 2	Projet n° 3
6°	Poitiers (27 objets)	Porte-clés lum. (20/27) (74 %)	Triangle de sécu. (5/27) (19 %)	<i>Tous différents</i>
	P-C-V (16 objets)	Porte-clés lum. (9/16) (56 %)	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>
	Rennes (11 objets)	Porte-clés lum. (8/11) (73 %)	Nervotest (2/11) (18 %)	<i>Tous différents</i>
	Orléans (6 objets)	Porte-clés lum. (2/6) (33 %)	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>
5°	Poitiers (24 objets)	Alarme (4/24) (16 %)	Sirène de vélo (3/24) (12 %)	SOS plantes (2/24) (8 %)
	P-C-V (16 objets)	Attente tél. (4/16) (25 %)	Porte-clés lum. (2/16) (12 %)	Alarme (2/16) (12 %)
	Rennes (14 objets)	Triangle de sécu. (5/14) (36 %)	Porte-clés lum. (4/14) (29 %)	<i>Tous différents</i>
	Orléans (7 objets)	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>
4°	Poitiers (28 objets)	Attente tél. (7/28) (25 %)	Alarme (3/28) (10 %)	<i>Tous différents</i>
	P-C-V (16 objets)	Ampli/baladeur (7/16) (43 %)	Dé électronique (3/16) (18 %)	Croc-pions (2/16) (12 %)
	Rennes (8 objets)	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>
	Orléans (9 objets)	Ampli/baladeur (2/9) (22 %)	Alarme (2/9) (22 %)	<i>Tous différents</i>
3°	Poitiers (16 objets)	Ampli/baladeur (7/16) (44 %)	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>
	P-C-V (13 objets)	Ampli/baladeur (5/13) (38 %)	Gradateur (2/16) (15 %)	Dé électronique (2/13) (15 %)
	Rennes (12 objets)	Ampli/baladeur (5/12) (42 %)	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>

	Orléans (4 objets)	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>	<i>Tous différents</i>
--	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------

(P-C-V : Paris-Créteil-Versailles)

## Tableau 2 : Projets réalisés selon les classes et les académies (source : questionnaires)

L'étude comparée des projets réalisés indique ainsi un choix limité d'objets mais aussi la sélection des professeurs qui semblent procéder au découpage de la scolarité en trois segments nuancés, préfigurant ainsi l'organisation du collège en trois cycles : la classe de 6<sup>e</sup> avec la réalisation du porte-clés lumineux permettant de faire découvrir aux élèves les constructions électroniques, les classes de 5<sup>e</sup> et de 4<sup>e</sup> étant centrées sur des extensions et des variations à travers des réalisations choisies parmi quelques objets équivalents et enfin la classe de 3<sup>e</sup> où la réalisation de l'amplificateur de baladeur contribue à la mobilisation et à la synthèse des apprentissages notionnels et instrumentaux de ce domaine d'activités techniques.

### 4.4. Des produits peu illustratifs des productions industrielles

Ces produits ont un caractère scolaire marqué avec des solutions techniques essentiellement motivées par des préoccupations pédagogiques. Par exemple, la solution technique du « porte-clés lumineux » qui utilise un générateur de 12 V alors que la LED doit être alimentée sous une tension dix fois moindre, ne présente qu'une pertinence très limitée car elle implique le recours à une résistance voire à une diode de régulation. L'objet scolaire se présente alors très distant de ses homologues réels, produits industriellement au moindre coût, alimentés directement avec une pile bouton. En outre, les projets conduits sont tous réalisés sur de petites plaquettes d'époxy avec des composants centimétriques. Les CMS (Composants Montés en Surface) et les COB (Chip On Board : ensemble sous résine comprenant un circuit imprimé et un circuit intégré) sont absents de ces productions bien qu'ils soient disponibles dans les catalogues des fournisseurs (mini arbre de Noël à DEL, porte-clefs siffleur par exemple).

### 4.5. Des produits de plus en plus complexes

Ces projets intègrent une technicité croissante de la 6<sup>e</sup> à la 3<sup>e</sup> en termes de rationalité technique, d'engins et de rôles. En 6<sup>e</sup>, il s'agit, pour

les trois objets, d'un circuit élémentaire avec un ou deux effecteurs (une résistance, une DEL). Ils constituent une première approche du domaine électronique. En 5<sup>e</sup> et en 4<sup>e</sup>, les circuits sont plus complexes tant du point de vue structurel que du point de vue fonctionnel. Ils font appel à un circuit intégré (portes logiques pour l'alarme, circuits spécialisés pour l'attente téléphonique ou le brassard). En 3<sup>e</sup>, l'amplificateur pour baladeur semble l'objet standard de ce niveau et l'aboutissement des activités conduites jusqu'alors. Il regroupe plusieurs fonctions et un nombre conséquent de composants. Contrairement aux autres produits, sa fonction principale est d'amplifier un signal.

Le choix des objets par niveau laisse donc apparaître un principe de progressivité des activités scolaires : complexité du fonctionnement des circuits et de leur réalisation. Cette complexité se traduit en nombre d'opérations possibles sans en changer la nature car les objets sont équivalents pour chacun des trois niveaux les plus contrastés : 6<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup>-4<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>.

#### **4.6. Des tendances de la 6<sup>e</sup> à la 3<sup>e</sup>**

Outre les principes de progressivité mis au jour précédemment, le choix préférentiel des objets semble dicté par des contraintes organisationnelles. Le coût de revient des objets augmente de la 6<sup>e</sup> à la 3<sup>e</sup> en raison de leur plus grande complexité fonctionnelle et structurelle. Parallèlement, le nombre d'objets par élève diminue légèrement au cours de la scolarité au collège, ce que montrent les rapports entre nombre d'objets et nombre d'élèves concernés. Cette variation peut être supposée en relation avec l'augmentation du prix des objets généralement achetés par les élèves, mais aussi avec l'éventuel tarissement de l'intérêt des élèves pour les activités de réalisation ou pour les objets produits. En effet, ce rapport marchand aux objets produits est souvent fortement concurrencé par les produits du commerce et contraint par le pouvoir d'achat des élèves de 3<sup>e</sup>.

#### **4.7. Des choix motivés**

Malgré l'offre variée des fournisseurs, l'examen des objets électroniques réalisés en classe montre leur faible diversité. À la question des motifs de leurs choix, les réponses des enseignants mentionnent que la sélection est, d'une façon très mineure, le fait des élèves. Le plus souvent il s'agit du choix des professeurs, qui, selon leurs déclarations, est fondé d'abord sur la motivation des élèves, puis sur la facilité de réalisation en classe, enfin sur l'intérêt d'un point de vue pédagogique. Les réponses

varient peu d'une région à l'autre ainsi que d'un niveau à l'autre dans une même région.

## 5. LES ACTIVITÉS DES ÉLÈVES

Les objets choisis et fabriqués fournissent un premier niveau d'informations sur les pratiques enseignantes. Les tâches susceptibles d'être effectuées à partir de ces projets sont la conception du schéma et du circuit imprimé, sa réalisation, l'implantation, la brasure des composants et les contrôles. Les rôles que suggèrent ces objets peuvent être : concepteur de circuit (ingénieur ou technicien en bureau d'études), opérateur (pour la réalisation, le câblage et le contrôle du circuit), responsable de production (contrôle des objets ou du processus), etc. Toutefois ces tâches et ces rôles sont des possibilités potentielles offertes par les objets éventuellement inscrits dans des projets intégralement développés. En tant que supports techniques, ils portent ainsi une potentialité d'activités d'enseignement-apprentissage dont il convient d'explorer les exploitations réelles.

### 5.1. Six activités génériques

Les opérations citées dans les réponses au questionnaire (annexe 1), après leur mise à plat, implique des regroupements. Ont ainsi été isolées l'analyse fonctionnelle, l'expérimentation par exemple sur plaquette d'essai, l'étude et la réalisation du typon, les opérations d'insolation-gravure, de perçage-brasage ou de contrôle-réglage.

Origine	Type d'activités	6°	5°	4°	3°	nb. activ. citées	rang
Poitiers 31 réponses	Étude fonctionnelle	2/25	0/24	5/26	1/19	8	6
	Expérimentation	5/25	2/24	7/26	5/19	19	4
	Étude et réalisation du typon	0/25	4/24	4/26	2/19	10	5
	Insolation-gravure	15/25	19/24	18/26	12/19	64	2
	Perçage-brasage	24/25	23/24	25/26	16/19	88	1
	Contrôle-réglage	11/25	11/24	12/26	9/19	43	3
Région parisienne 34 réponses	Étude fonctionnelle	1/17	5/17	3/19	4/14	13	5
	Expérimentation	2/17	4/17	4/19	4/14	14	4
	Étude et réalisation du typon	3/17	6/17	8/19	3/14	20	3
	Insolation-gravure	8/17	8/17	9/19	7/14	32	2
	Perçage-brasage	16/17	16/17	14/19	13/14	59	1
	Contrôle-réglage	1/17	2/17	1/19	2/14	6	6
	Étude fonctionnelle	2/10	2/15	3/8	3/10	10	3

Rennes 15 réponses	Expérimentation	1/10	1/15	2/8	1/10	5	5
	Étude et réalisation du typon	0/10	1/15	2/8	2/10	5	5
	Insolation-gravure	6/10	14/15	3/8	4/10	27	2
	Perçage-brasage	10/10	15/15	6/8	9/10	40	1
	Contrôle-réglage	2/10	2/15	0/8	2/10	6	4
Orléans 10 réponses	Étude fonctionnelle	0/6	1/7	4/8	0/4	5	4
	Expérimentation	2/6	4/7	5/8	0/4	11	3
	Étude et réalisation du typon	0/6	0/7	3/8	1/4	4	5
	Insolation-gravure	4/6	6/7	4/8	2/4	16	2
	Perçage-brasage	6/6	7/7	8/8	3/4	24	1
	Contrôle-réglage	2/6	1/7	1/8	0/4	4	5

**Tableau 3 : Activités mises en œuvre selon les classes et les académies (source : questionnaires)**

Bien que la présentation quantitative des activités conduites masque les variations des pratiques individuelles des enseignants, elle permet d'entrevoir les tendances majeures de ces pratiques.

## 5.2. De faibles différences d'une académie à l'autre

Le nombre de citations des types d'activités mises en œuvre rend compte du choix des enseignants selon les académies. Leur comparaison révèle des priorités identiques mais des préférences secondaires distinctes. À cet égard, la réalisation du circuit imprimé est conduite une fois sur deux à tous les niveaux sauf en 5<sup>e</sup> où elle est mentionnée par deux enseignants sur trois. Si les opérations de « perçage-brasage » et « d'insolation-gravure » sont prioritairement citées par tous les professeurs des quatre académies, les activités d'étude ou de contrôle, c'est-à-dire celles en amont ou en aval de la fabrication, sont notées d'une façon plus variable. Dans l'académie de Poitiers, le « contrôle-réglage » est cité en troisième rang contrairement aux trois autres régions où cette activité n'apparaît qu'en fin d'énumération.

Les sommes des citations sur l'ensemble de la scolarité et dans chaque académie révèlent que certaines activités ne seront vraisemblablement jamais rencontrées par la plupart des élèves. C'est le cas par exemple de l'étude et de la réalisation du typon dans l'académie de Poitiers, ou des contrôles et réglages dans les autres académies.

Malgré le nombre réduit de questionnaires renseignés, l'analyse quantitative des réponses permet de mesurer les différences des activités selon les classes, d'une académie à l'autre. Toutefois, les variations dans la mise en place des activités sont statistiquement faibles entre les régions ( $\text{Khi}^2 P = 0,1$ ). En ce sens, les activités de réalisation auxquelles

correspondent l'insolation-gravure et le perçage-brasage sont statistiquement identiquement représentées dans les quatre académies et pour chacune des classes. Il est en effet difficile de fabriquer un objet électronique sans réaliser la plaque et assembler les composants ! En revanche, des différences significatives apparaissent pour certaines activités à certains niveaux : étude et réalisation du typon en 6<sup>e</sup>, contrôle et réglage en 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup>, étude fonctionnelle et expérimentation en 5<sup>e</sup>. Ces différences confirment les variations précédemment constatées sur les objets produits dans ces classes intermédiaires et indiquent des pratiques contrastées, surtout en 5<sup>e</sup> pour les activités d'investigation.

En ce qui concerne les activités qui ne sont déclarées être conduites que par une minorité d'enseignants, il existe des disparités importantes et statistiquement significatives d'une académie à l'autre. L'importance relative de l'étude fonctionnelle et de l'expérimentation est à cet égard nuancée selon les régions. Ainsi dans l'académie d'Orléans-Tours, les travaux expérimentaux sont plus présents que dans les autres académies. De même l'étude fonctionnelle est davantage abordée dans l'académie de Rennes que dans celle de Poitiers. Ces différences concernant les activités d'investigation sont aussi l'indice de conceptions nuancées de la technologie selon les académies. Ainsi les professeurs de Poitiers qui privilégient les contrôles et réglages paraissent ancrer leur enseignement sur des pratiques plus industrielles en utilisant par exemple des bancs tests. Les professeurs de la région parisienne semblent également choisir cette référence en évoquant les phases de conception du typon à l'image des fonctions d'un bureau d'études. Les professeurs de l'académie d'Orléans-Tours, quant à eux, préfèrent une approche plus expérimentale.

L'analyse des réponses individuelles des professeurs révèle que la plupart d'entre eux mettent en place les activités progressivement au fil de la scolarité, par exemple : étude fonctionnelle en 4<sup>e</sup> dans l'académie de Poitiers ou en 5<sup>e</sup> pour la région parisienne. Toutefois les données recueillies ne permettent pas de mettre clairement en évidence les principes de progressivité de ces pratiques, variables selon les professeurs.

### 5.3. Des références évoquées

Si tous les élèves percent des circuits et brasent les composants, si plus de la moitié insolent et gravent, très peu de collégiens abordent l'étude fonctionnelle et le dessin du typon, expérimentent les montages ou effectuent des essais et des mesures. Parmi les activités des élèves, la conception de ces objets électroniques est ainsi masquée en raison du choix d'objets préalablement définis, en particulier des kits. Les motifs de ces choix sont

généralement d'ordre économique en raison de l'obligation de fabriquer au moindre coût des objets qui fonctionnent.

Le fait de limiter les activités de conception revient à cantonner les élèves dans des rôles d'opérateurs liés à la fabrication. Mais simultanément le processus de genèse des produits techniques est particulièrement occulté donnant une image abrégée des pratiques socio-techniques contemporaines.

Quelques professeurs interrogés précisent cependant que les fabrications sont organisées d'une façon sérielle. En effet, leurs réponses évoquent parfois un mode de production en petite série notamment pour l'insolation-gravure ou l'implantation des composants. De même, les contrôles, quand ils existent dans les classes, s'apparentent à certains de ceux pratiqués dans le domaine industriel. Toutefois, les descriptions des activités et des tâches des élèves semblent indiquer qu'elles relèvent majoritairement d'un modèle de production unitaire. Aux motifs de fiabilité des réalisations et de motivation des élèves, la réalisation individuelle de l'objet est privilégiée par les enseignants.

En relation avec les équipements des collègues, les procédés techniques, les outils et les instruments ainsi que le mode d'organisation du travail évoquent, sans surprise, des références socio-techniques peu représentatives des pratiques industrielles contemporaines. Les activités de réalisation qui apparaissent assez stéréotypées se réfèrent à une petite entreprise de câblage où chaque câbleur réalise l'ensemble d'une platine ou encore à l'atelier d'un électronicien amateur. Elles confortent le jugement d'Y. Deforge : « *On en revient, dans le meilleur des cas, à souder des petits composants sur une petite plaquette. La petite lampe s'allume, on est content, on a fait l'objet...* » (Deforge, 1993, p. 25).

## **6. DES PRATIQUES À ADAPTER AUX NOUVEAUX PROGRAMMES**

L'investigation conduite sur les pratiques d'enseignement dans le « domaine électronique » en technologie au collège met en évidence quelques points saillants qu'il convient de récapituler avec la prudence qu'impliquent la nature des données recueillies et le nombre de professeurs interrogés. Les activités mises en œuvre et supportées par la fabrication d'objets, correspondent sensiblement aux programmes de 1985 même si toutes les situations prescrites n'apparaissent pas dans toutes les classes. Elles semblent construites selon une progressivité allant du simple au composé : des opérations élémentaires progressivement associées dans des objets de plus grande complexité. Chaque année de nouvelles

opérations s'agrègent ainsi aux précédentes. D'une façon schématique, en 6<sup>e</sup> les élèves percent le circuit imprimé et soudent les composants ; en 5<sup>e</sup> ils gravent, percent et soudent le circuit ; en 4<sup>e</sup> ils tracent le typon, gravent, percent et soudent le circuit, etc. Ces pratiques correspondent à une interprétation des prescriptions officielles qui, à l'époque, préconisaient que « *le choix des thèmes de fabrication devrait tenir compte, entre autres éléments, de l'intégration de plus en plus étendue, d'un nombre croissant de savoir-faire élémentaires* » (COMmission Permanente de Réflexion sur l'Enseignement de la Technologie, 1992, p. 18). Mais cette conception pédagogique tend plus à juxtaposer les apprentissages qu'à les intégrer véritablement dans des réalisations sur projet.

Les tâches des élèves, associées aux phases de réalisation, sont plus représentées que celles correspondant aux études préalables, aux recherches de solutions, aux études comparées de solutions de principe, plus proches des phases de conception. La rationalité technique est ainsi davantage présente dans les actions pratiques, conduisant à une sur-représentation des rôles d'opérateurs. Les références implicites sont alors relativement distantes des réalités techniques actuelles. Mais ces pratiques sont en partie déterminées par les contraintes de l'enseignement qui impliquent l'adhésion des élèves aux réalisations proposées par les professeurs.

En filigrane, ces pratiques portent le sens donné par les enseignants aux apports technologiques et aux visées de l'éducation technologique. La valorisation des actions pratiques met l'accent sur les compétences instrumentales voire sur les gestes tout en limitant les élaborations conceptuelles contribuant à la lecture et à l'interprétation du monde de la technique. Ces choix qui fixent aussi une posture spécifique des élèves par rapport au monde de la technique suggèrent des recherches complémentaires.

La mise en évidence de ces tendances permet de problématiser la conception des architectures de formation dans cette période de modification de programmes. En effet, si l'on considère que la formation continue consiste essentiellement à ajuster les pratiques à la nouvelle organisation de la discipline, il convient de proposer des actions qui s'appuient sur les pratiques existantes et maîtrisées d'une part et qui visent les nouvelles compétences sollicitées par la reconfiguration de la technologie d'autre part.

## BIBLIOGRAPHIE

- ASSOCIATION DES ENSEIGNANTS D'ACTIVITÉS TECHNOLOGIQUES (1997). Enquête AEAT. *Activités technologiques*, n° 119, pp. 56-63.
- BLIN J.-F. (1997). *Représentations, pratiques et identités professionnelles*. Paris, L'Harmattan.
- COMBARNOUS M. (1984). *Les Techniques et la technicité*. Paris, Éditions sociales.
- COMMISSION PERMANENTE DE RÉFLEXION SUR L'ENSEIGNEMENT DE LA TECHNOLOGIE (1992). In Centre International d'Études Pédagogiques (Éd.), *Technologie, textes de référence*. Sèvres, CIEP, p. 18.
- DEFORGE Y. (1993). Technologie ou bricolage, il faut choisir. *Les publications de Montlignon*, numéro hors série, pp. 25-26.
- FOLLAIN O. (1997). *Panorama des pratiques au collège - Quelles références implicites des activités du domaine électronique en Technologie ?* Mémoire de stage tutoré de DEA. Cachan, LIREST-GDSTC, ENS de Cachan.
- GONNIN-BOLO A., GRIFFATON C. & LEBEAUME J. (1989). *Sensibiliser les enseignants d'EMT à la technologie - Quelques problèmes psychosociologiques*. Paris, INRP et Université d'Orléans, Service Universitaire de Formation des Maîtres et des Formateurs.
- INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1997). *Rapport de l'inspection générale de l'éducation nationale*. Paris, La documentation française, pp. 71-150.
- ISAMBERT-JAMATI V. (1984). *Culture technique et critique sociale à l'école élémentaire*. Paris, PUF.
- JOURNAL OFFICIEL (1998). Arrêté du 17 août 1998. *Journal Officiel du 10 septembre 1998*. Paris, Imprimerie des Journaux Officiels.
- LAURENT J.-L. (1996). *Étude des pratiques des enseignants de technologie dans les démarches d'investigation technologique et de réalisation de projet*. Mémoire de stage tutoré de DEA. CACHAN, LIREST-GDSTC, ENS de Cachan.
- LEBEAUME J. & MARTINAND J.-L. (1998). *Enseigner la technologie au collège*. Paris, Hachette.
- LEBEAUME J. (1996a). Trente ans de technologie en France 1960-1990. Une discipline à la recherche d'elle-même. *Aster*, n° 23, pp. 3-36.
- LEBEAUME J. (1996b). *École, technique et travail manuel*. Nice, Z'Éditions.
- MARTINAND J.-L. (1995). Rudiments d'épistémologie appliquée pour une discipline nouvelle : la technologie. In M. Develay (Dir.), *Savoirs scolaires et didactique des disciplines*. Paris, ESF, pp. 339-352.
- MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (1986). *La technologie au collège – guide d'équipement*. Paris, Ministère de l'Éducation Nationale.
- PÉNICHOU J.-L. (1996). *Technologie – base de données*. Poitiers, Rectorat de Poitiers, (non publié).
- PERRENOUD P. (1993). Curriculum : le formel, le réel, le caché. In J. Houssaye (Dir.), *La pédagogie ; une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris, ESF, pp. 61-76.
- SORNIN-MONTET G. (1996). *Des travaux manuels à la technologie*. Thèse de doctorat, Université Paris V.

## ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE

1. Formule de politesse

2. Présentation de l'intérêt de l'enquête :

... j'étudie les pratiques des enseignants de Technologie, plus particulièrement dans le domaine des activités de construction électrique. Vous constituez une ressource très importante pour cette étude et je souhaiterais disposer d'informations sur les objets du domaine électronique que vous produisez avec vos élèves. Merci de bien vouloir renseigner une fiche par objet produit.

---

3. Pour chacun des objets produits avec les élèves, merci de bien vouloir préciser :

Objet réalisé : ..... Origine : .....

Prix de l'objet : ..... Nombre d'objets fabriqués : .....

Nombre d'élèves concernés : ..... Classe : .....

Tâches des élèves dans le domaine électronique : .....

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

Raisons du choix de ce projet : .....

.....  
.....

4. Informations signalétiques du professeur (facultatives)

**ANNEXE 2 :**  
**professeurs ayant répondu au questionnaire**

Académie	N profs	Enseignement dans les classes de			
		6 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>
Poitiers	31	25	24	26	19
Paris-Créteil-Versailles	34	17	17	19	14
Rennes	15	10	15	8	10
Orléans-Tours	10	6	7	8	4

Lecture du tableau : parmi les 31 professeurs de l'académie de Poitiers ayant répondu au questionnaire, 25 d'entre eux ont des classes de 6<sup>e</sup>, 24 des 5<sup>e</sup>, 26 des 4<sup>e</sup> et 19 des 3<sup>e</sup>.

Cet article a été reçu le 12/01/1999 et accepté le 11/04/2000.

## Point of view

### Programmes de recherches et apprentissage des sciences

### Research programmes and the student science learning literature

**Galen ERICKSON**

University of British Columbia, Faculty of Education  
Centre for the Study of Teacher Education  
Department of Curriculum Studies  
Vancouver, B.C. Canada V6T 1Z4.

**Traduction d'Andrée Tiberghien et Cécile Vander Borgh.**  
**L'article original se trouve dans : R. Millar, J. Leach &**  
**J. Osborne (Eds) (2000). *Improving science education : the***  
***contribution of research.* Buckingham, Open University**  
**Press, pp. 271-292.**

**Résumé** (extrait du chapitre par la traductrice C. Vander Borgh)

*Le but de cet article est de présenter une vision personnelle de l'évolution des cadres conceptuels qui se sont produits dans le champ des recherches sur la compréhension des élèves en sciences durant ces vingt dernières années et de spéculer sur leur évolution future. Le but de clarifier ces évolutions est d'autant plus important que ce champ montre une « diversité considérable des approches qui ont conduit à une prolifération des termes, des méthodes de recherche et des approches théoriques pour décrire les «engagements cognitifs » des élèves (Driver & Erickson, 1983, p. 39). De fait, cette diversité a encore augmenté.*

**Mots clés :** *programmes de recherche, apprentissage des sciences, Lakatos.*

### **Abstract**

*My aim in this chapter is to provide a personal perspective on the conceptual shifts that have occurred in this field over the past two decades and speculate on where it may move in the future. The aim of clarifying issues remains important, as the field still exhibits considerable « diversity of approaches [which] has created a proliferation of terms, techniques and supporting theoretical rationales for describing students' cognitive commitments » (Driver & Erickson, 1983, p. 39). Indeed, if anything, this diversity has increased.*

**Key words :** *research programmes, students science learning, Lakatos.*

### **Resumen** (extraído del capítulo por la traductora C. Vander Borcht)

*El objeto de este artículo es presentar una visión personal de la evolución de marcos conceptuales que se producen en el campo de las investigaciones sobre la comprensión de los alumnos en ciencias durante estos últimos 20 años y de especular sobre la evolución futura. La finalidad de clarificar estas evoluciones es mucho más importante que lo que ese campo muestra, una « diversidad considerable de aproximaciones que han conducido a una proliferación de términos, métodos de investigación y de enfoques teóricos para describir los « compromisos cognitivos » de los alumnos (Driver y Erickson, p. 39). De hecho, esta diversidad ha aumentado.*

**Palabras claves :** *programas de investigación, aprendizaje de las ciencias, Lakatos.*

## **INTRODUCTION**

Il y a 15 ans, Ros Driver et moi-même avons écrit un article visant à clarifier un certain nombre d'orientations conceptuelles et empiriques dans un champ en expansion rapide, celui de la compréhension des élèves en sciences (Driver & Erickson, 1983). Mon but, dans ce chapitre, est de présenter une vision personnelle de l'évolution des cadres conceptuels qui se sont produits dans le champ des recherches sur la compréhension des élèves en sciences durant ces vingt dernières années et de spéculer sur leur évolution future. Le but de clarifier ces évolutions est d'autant plus important que ce champ montre une « diversité considérable des approches

qui ont conduit à une prolifération des termes, des méthodes de recherche et des approches théoriques pour décrire les « engagements cognitifs » des élèves (Driver & Erickson, 1983, p. 39). Cette diversité s'est encore accrue.

## 1. ÉVOLUTIONS DE PERSPECTIVES SUR LES CONCEPTIONS DES ÉTUDIANTS EN SCIENCE

Pour aider à identifier les évolutions conceptuelles dans le champ, j'ai décidé de recourir à une des idées que Ros et moi avons utilisées dans notre dernier article – celle de « *programme de recherche* », le plus souvent associé à l'analyse du progrès scientifique, proposée par Lakatos (1970). Nous avons construit cet article autour de notre reconstruction de « *l'argument utilisé par les chercheurs, implicitement ou explicitement pour justifier leur programme de recherche* » (Driver & Erickson, 1983, p. 39). Dans ce chapitre, je tenterai de développer certains aspects de cette notion de « programme de recherche ».

### 1.1. Qu'entend par « programme de recherche » ?

Pour Lakatos<sup>1</sup> (1970), un programme de recherche consiste en une série d'hypothèses interconnectées ou de théories construites sur une période donnée, qui permettent à ses protagonistes d'expliquer les phénomènes qui sont intéressants pour ce programme. Une autre fonction d'un programme de recherche est d'amener à des questions nouvelles et intéressantes. Cette dernière caractéristique, heuristique et liée à la résolution de problèmes, trouve son application dans les théories des sciences sociales en général et en particulier dans celles concernant l'apprentissage en sciences. Je mettrai particulièrement l'accent sur deux aspects heuristiques des programmes de recherche. Le premier est l'habileté à générer de nouvelles façons de comprendre des phénomènes et par là, d'imaginer de nouveaux projets de recherche. Le second est l'habileté à générer de nouvelles approches curriculaires et de nouveaux modes d'enseignement de concepts scientifiques.

Plus simplement, Lakatos assigne trois caractéristiques principales à un programme de recherche : l'engagement sur un « noyau dur », les hypothèses auxiliaires, comprenant la « ceinture protectrice » et enfin, les méthodes heuristiques.

Les noyaux durs d'un programme réfèrent aux hypothèses « irréfutables », qui ne sont ni remises en question ni soumises à une investigation.

La ceinture protectrice est la partie du programme qui sera soumise à des tests empiriques et réajustée grâce aux « hypothèses auxiliaires » et qui sera modifiée à la lumière de travaux empiriques convaincants.

Les méthodes heuristiques représentent les approches de recherche qui sont utilisées dans les investigations empiriques jugées pertinentes pour le programme.

Dans un champ comme l'éducation scientifique, le but d'un programme de recherche n'est pas seulement de produire de nouvelles compréhensions et de nouvelles méthodes pour *étudier les phénomènes de l'apprentissage de la science par les élèves* mais aussi de générer de nouvelles méthodes qui *engagent dans la pratique effective de l'enseignement des sciences*.

J'utiliserai ces trois caractéristiques pour tracer et analyser la trajectoire des programmes de recherche concernant l'apprentissage des sciences qui ont émergé au cours de ces vingt dernières années.

## **1.2. Les programmes de recherche et la littérature sur l'apprentissage des sciences**

Quels sont les programmes de recherche dans la littérature sur l'apprentissage des sciences et comment ont-ils évolué sur ces vingt dernières années ? Je considère que, dans ce champ, au cours de ces vingt dernières années, il y a globalement deux programmes de recherche, un troisième émergeant ces dernières années. Le premier est le « programme piagétien », le second le « programme constructiviste » et le troisième le « programme phénoménologique ». Alors que les deux premiers programmes sont bien connus des chercheurs et, de plus en plus, des enseignants en sciences, l'étendue de ces catégories, particulièrement le programme constructiviste, peut surprendre. D'autres auteurs de synthèses dans ce champ, tels que Eylon & Linn (1988), Farhnam-Diggory (1994) et Duit & Treagust (1998), ont utilisé des distinctions plus fines dans leurs analyses respectives. Je considère que les différences dans les composantes du noyau dur de ces programmes permettent de mettre en évidence les différences de perspective et que les catégories utilisées par ces auteurs reflètent ces différences dans la ceinture protectrice de ces deux grands programmes.

Avant de discuter ces trois programmes de recherche, je préciserai ce que je considère comme étant un « engagement » au niveau du noyau dur de chacun d'entre eux. Étant donné l'accent mis sur l'apprentissage, il n'est pas étonnant qu'une perspective sur l'apprentissage ou sur la cognition

soit un premier élément théorique du noyau dur. Cette perspective fournit au chercheur un langage et un ensemble d'outils théoriques pour observer et interpréter des phénomènes de manière approfondie.

Dans notre précédent article, nous avons identifié des perspectives concurrentes à propos de l'apprentissage : la vision piagétienne de développement, la vision du traitement de l'information sur l'apprentissage et une perspective générale qui commençait juste à s'unifier, et que nous avons appelée « vision constructiviste de l'apprentissage ». Les perspectives sur l'apprentissage des deux programmes de recherche dominants étaient déjà présentes il y a vingt ans.

Malheureusement, bon nombre de chercheurs et de praticiens pensent qu'adopter une certaine vision de l'apprentissage peut être traduit immédiatement en pratiques scolaires. Cependant, à mesure que le champ devient mature, il apparaît qu'une théorie de l'apprentissage n'est pas en elle-même un fondement suffisant pour développer un curriculum. Un tel développement requiert une base empirique et normative beaucoup plus élaborée que celle qu'apporte une théorie de l'apprentissage, quelle qu'elle soit (Millar, 1989 ; Cobb, 1994 ; Driver et al., 1994).

Il est important de noter que cette remarque à propos de l'application de théories de l'apprentissage au niveau de l'enseignement s'applique aux autres programmes de recherche dont il est question dans ce chapitre.

## **2. LE PROGRAMME DE RECHERCHE PIAGÉTIEN**

Pratiquement, tous les travaux de synthèse sur l'apprentissage en sciences reconnaissent l'impact profond du prodigieux travail de Piaget dans ce champ. Depuis les années vingt, le programme de recherche de Piaget a fourni de nombreux exemples de raisonnements d'élèves dans le domaine des sciences et des mathématiques. De plus, son modèle sous-jacent de développement cognitif et sa théorie des stades s'accordent particulièrement bien à l'adoption de l'approche « centrée sur l'élève » pour l'enseignement, qui se développait à ce moment-là. Ses propositions de développement de structures logico-mathématiques ont attiré particulièrement les éducateurs en sciences et en mathématiques.

Parmi les différentes perspectives théoriques sur la cognition, qui ont influencé la recherche sur l'éducation en sciences, celle de Piaget a connu, semble-t-il, le plus d'interprétations erronées. Le volume important de ses écrits, les difficultés liées à son style d'écriture et l'étendue des disciplines abordées (depuis la biologie de l'évolution et l'éthologie jusqu'à la philosophie et la psychologie du développement) y ont contribué.

Au cours des années 1960, 1970, un grand nombre de chercheurs sur l'éducation scientifique ont utilisé la théorie piagétienne des stades de développement intellectuel pour générer de nombreux travaux catégorisant les élèves dans différents stades (ou sous-stades) et les comparant avec d'autres mesures de performance ou de réussite de l'apprentissage dans des domaines disciplinaires particuliers.

## 2.1. Engagements sur le noyau dur

Sur quels « engagements sur le noyau dur » s'appuie l'ensemble des écrits de Piaget et, ensuite, le travail des éducateurs en sciences qui se sont fondés sur ses idées ? Comme l'ont noté bon nombre de chercheurs ayant examiné ses travaux, (Feldman, 1980 ; Lawson, 1994 ; Metz, 1998), Piaget s'est intéressé d'abord et avant tout aux questions de l'épistémologie génétique (Piaget, 1970). Il s'est centré sur les facteurs biologiques, et son intérêt majeur porte sur la nature et l'évolution des connaissances. Le principal « engagement » du programme piagétien est l'idée de *développement*. Le but est de comprendre comment l'enfant va développer des façons complexes et sophistiquées de voir le monde et d'agir sur lui. Le mot clé dans cette phrase est « développer », utilisé par contraste à « apprendre ».

Feldman (1980) et d'autres ont, à juste titre, mis l'accent sur un des objectifs de Piaget : définir des composantes universelles du développement cognitif – ces capacités mentales qui sont développées par tous les enfants interagissant avec leur environnement culturel et physique. Piaget ne s'intéressait pas à l'enseignement ou à l'apprentissage de disciplines particulières ni à l'accélération du processus de développement.

Deux autres engagements sur le noyau dur portent sur *un modèle de l'invariance des stades* de développement et un *modèle d'équilibration* du développement ou du changement conceptuel. Une dernière caractéristique du travail de Piaget, qui émerge des autres, concerne le développement *des structures mentales d'un individu*. Il existe encore bien d'autres facettes au travail de Piaget. Celles qui viennent d'être rappelées semblent cependant avoir été les plus utilisées par les éducateurs en science.

Quelles sont les implications pédagogiques associées à ce programme de recherche ? Puisque Piaget s'est surtout intéressé au développement d'universaux, le travail de générer un programme d'enseignement était à la charge des éducateurs en sciences. Leur première stratégie a été d'utiliser la théorie des stades du développement comme principe organisateur de curriculums.

Une autre stratégie a consisté à tenter d'accélérer les progrès des élèves entre les différents stades. De nombreux chercheurs ont classé les élèves en catégories selon les stades, de manière à pouvoir comparer l'efficacité de différentes stratégies d'enseignement et de différents programmes. Un second engagement important sur le noyau dur porte sur le mécanisme d'équilibration proposé par Piaget pour l'évolution cognitive, souvent opérationnalisé en termes de création de dissonance cognitive ou de conflit. Ce modèle de l'équilibration a été utilisé pour le développement de programmes d'enseignement et la construction de nouvelles approches d'enseignement – par exemple le « Science Curriculum Improvement Study » (SCIS, 1970).

## **2.2. Ceinture protectrice**

La ceinture protectrice d'un programme de recherche est constituée par cet ensemble d'hypothèses auxiliaires qui tiennent compte des anomalies qui apparaissent et qui menacent l'engagement au noyau dur. Dans le programme piagétien, la théorie des stades a été largement critiquée (par exemple Driver, 1978 ; Siegel & Brainerd, 1978). L'engagement qui porte sur la séquence invariante des stades de développement, représentant, selon Piaget, des structures mentales universelles et indépendantes du contexte de leur développement, a été source de plus de difficultés empiriques que les autres « engagements ». Un exemple type d'une hypothèse auxiliaire créée pour rendre compte des défis empiriques posés par la séquence invariante dans la théorie piagétienne est son invention du « décalage horizontal ». Selon Piaget, quand un enfant construit une nouvelle structure opératoire, on peut s'attendre à trouver des décalages dans sa capacité à appliquer les structures mentales émergentes dans de nouvelles situations.

Un second engagement qui a été mis en question est le fait que Piaget ait mis l'accent sur le développement et non sur l'apprentissage. Les chercheurs piagétiens sur l'éducation scientifique qui s'intéressent particulièrement à l'apprentissage ont adapté ces aspects du programme piagétien de manière à ce qu'ils correspondent à leurs projets de recherche (Abraham, 1998 ; Adey & Shayer, 1994).

## **2.3. Méthodes heuristiques**

Quelles nouvelles méthodes et pratiques de recherche le programme piagétien a-t-il générées ?

Une partie du programme de recherche sur l'éducation scientifique des années 60 et 70 qui était centrée sur les stades piagétiens a consisté à développer des outils « papier-crayon » qui permettaient aux chercheurs de classer les élèves dans une catégorie donnée. Bien que ces stades reflétaient ceux proposés par Piaget, le but et les méthodes utilisés par ces chercheurs différaient fondamentalement de ceux de Piaget. La « méthode d'entretien clinique », qui tente d'explorer en profondeur le raisonnement des élèves, utilise des contre-exemples et d'autres techniques pour vérifier la stabilité des réponses et le degré d'atteinte des stades n'est pas possible avec des questionnaires.

Un autre genre de recherche inspiré de Piaget a émergé dans le travail de Adey & Shayer en Angleterre. Au cours de ces vingt dernières années, ceux-ci ont élaboré du matériel d'enseignement destiné à accélérer le développement de la pensée logique chez les adolescents (projet « Cognitive Acceleration through Science Education » CASE), (Adey & Shayer, 1994). Ils utilisent le schéma piagétien de la pensée formelle, mais contrairement à lui, décrètent que l'enseignant, le matériel et le groupe de pairs jouent un rôle de médiateur. Dans un autre genre, s'appuyant sur les études de Piaget et plus particulièrement sur son modèle d'équilibration, Lawson a inclut la neurophysiologie et la modélisation du système nerveux dans son essai d'explication de l'acquisition de connaissances. Bien qu'étant d'accord avec les critiques concernant la rigidité du modèle des stades, Lawson déclare aller au-delà du travail de Piaget sur la théorie de l'équilibration « *en considérant les mécanismes neurologiques impliqués dans l'apprentissage et la connaissance* » (Lawson, 1994, p. 131).

Dans les années 60, une série de développements de curriculums basés sur la théorie de Piaget, particulièrement pour l'enseignement des sciences à l'école élémentaire, a vu le jour. Aux États-Unis, deux programmes très importants ont été développés à partir des principes piagétiens – Elementary Science Study (ESS) et Science Curriculum Improvement Study (SCIS). En Angleterre, le Nuffield Junior Science a été créé avec les mêmes orientations. Le programme le plus explicitement centré sur les stades de Piaget a été construit un peu plus tard, en Angleterre également. Il s'agit du programme « Science 5/13 » avec peut-être l'ensemble d'objectifs le plus explicitement associé aux stades piagétiens qui n'a jamais été produit.

Bien que la plupart de ces programmes traduit cette approche piagétienne dans les matériaux d'enseignement et les ouvrages du maître, seul le SCIS a développé un modèle d'instruction formel, connu sous le nom de « cycle d'apprentissage ». Trois phases d'enseignement, au niveau le plus élémentaire, constituent cette approche : exploration, invention et

application. Ce modèle de base continue à être utilisé dans divers contextes curriculaires (Abraham, 1998).

Quelle a été l'influence générale du travail de Piaget sur l'enseignement des sciences au cours de ces trente dernières années ? White (sous presse) présente une série de données concernant cette question. Il a étudié, dans les résumés de la banque de données ERIC (Educational Resource Information Center), la fréquence d'apparition de termes descriptifs pour 1000 entrées et cela, sur une période de 5 ans de 1966 à 1995. Le tableau 1 donne le nombre de résumés dans lesquels les termes « Piaget » ou « piagétien » sont cités.

1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995
45	77	140	84	92	13

Tableau 1 : **Nombre de résumés dans ERIC utilisant le mot « Piaget »**

Il est intéressant de noter la croissance régulière de 1966 à 1980, la diminution pendant les dix années suivantes et la disparition quasi complète dans les années 90.

### 3. LE PROGRAMME DE RECHERCHE CONSTRUCTIVISTE

En étudiant les origines du programme constructiviste, nous avons montré, dans notre article de 1983, que de sérieux défis à la position piagétienne ont vu le jour dans les années 70. Un groupe de critiques, conduit par Joe Novak a montré que l'importance accordée par David Ausubel à « l'apprentissage significatif » était un modèle de loin plus approprié, pour la recherche sur l'éducation, que celui des stades développé par Piaget. Un autre modèle fondé sur l'orientation vers le contenu et les hiérarchies d'apprentissage a été proposé par Gagné (1970) et modifié plus tard par Gagné & White. Un autre développement important a consisté en l'émergence, dans les années 1960, du champ des sciences cognitives. Parallèlement à la croissance des technologies de l'information, des modèles de traitement de l'information ont vu le jour.

Ces différentes perspectives sur la croissance intellectuelle ont entre elles au moins un élément en commun : elles mettent l'accent sur l'apprentissage de contenus. En cela, elles s'opposent à la perspective de Piaget qui étudiait le développement de structures opératoires, indépendantes du contexte. Même si ces approches sont différentes, elles analysent toutes comment les sujets apprennent des contenus organisés en ce que l'on pourrait appeler des « contenus disciplinaires de base ».

L'attention accordée à la hiérarchie des apprentissages s'est poursuivie dans les années 70 et s'est estompée dans les années 80, 90. En revanche, le domaine qui s'est développé alors a été identifié de diverses façons en termes de « *conceptions alternatives* » (Driver & Easley, 1978 ; Wandersee et al., 1994) de « *misconceptions* » (Helm & Novak, 1984), ou de « *Science des enfants* » (Gilbert et al., 1982). Dans ce genre de recherche, le travail mettait en oeuvre une collection diverse d'approches théoriques et méthodologiques, mais l'élément commun était un centrage sur l'étude de la compréhension des élèves dans un domaine conceptuel donné. Je ne ferai pas la revue de l'abondante littérature dans ce domaine, cette tâche a déjà été réalisée dans d'autres publications. Le lecteur peut, en outre, consulter deux bibliographies importantes classant les multiples études dans le domaine (Carmichael et al., 1990 ; Pfundt & Duit, 1994), et les actes de trois conférences internationales tenues en 1983, 1987 et 1993. Ces articles et conférences témoignent d'un champ important de recherches ayant atteint un stade certain de maturité.

### 3.1. Engagements sur le noyau dur

Les programmes de recherche piagétien et constructivistes reconnaissent le rôle de médiation des connaissances préalables lors de l'interprétation de nouvelles expériences. Les constructivistes cependant mettent l'accent sur les connaissances préalables concernant des concepts particuliers plutôt que sur des connaissances opératoires « universelles ».

Un second engagement concerne la façon dont cette connaissance construite est représentée. Dans les deux groupes, les chercheurs représentent ces connaissances en termes de structures mentales ou de modèles mentaux (Gentner & Stevens, 1983 ; Gilbert & Boulier, 1998) internes à l'individu – bien que la nature de l'analyse et les types de modèles mentaux diffèrent significativement d'un programme à l'autre. De plus, les deux groupes considèrent ces connaissances comme relativement bien structurées et stables. Les constructivistes s'intéressent particulièrement aux changements dans les structures mentales et aux moyens de les provoquer.

D'autres hypothèses de base du noyau, uniques au programme constructiviste, sont reliées à la conception de situations d'enseignement. La plupart des chercheurs travaillant dans ce programme tentent d'étudier la façon dont les élèves comprennent des contenus disciplinaires spécifiques et la nature de la relation entre les pré-connaissances des élèves et l'environnement d'apprentissage. Un engagement corollaire, qui peut avoir été bien trop optimiste, a été identifié dans notre article antérieur : « *un*

*enseignement bien planifié utilisant des stratégies d'enseignement qui prennent en compte les cadres de référence des élèves amène au développement de cadres plus proches de la science scolaire » (Driver & Erickson, 1983, p. 39).*

### 3.2. La ceinture de protection

Dans un certain nombre de domaines, le programme constructiviste a été critiqué et a donné lieu à des « *changements de problèmes* », pour employer les termes de Lakatos. Certaines de ces critiques, favorables au champ, ont mis en évidence des problèmes tels que celui de la transposition d'un modèle constructiviste de l'apprentissage à celui de l'enseignement. D'autres ont réfuté une grande partie des principes centraux du programme (Matthews, 1992, 1994).

L'argument de Matthews contre le constructivisme était double. En premier lieu, l'importance accordée à la construction de la signification (à la fois par les élèves et les scientifiques) conduit à une sorte de « *relativisme ontologique ou conceptuel* ». Ensuite, le constructivisme n'est autre qu'une forme d'empirisme où les élèves construisent leurs connaissances au hasard de leurs rencontres avec le monde empirique sans avoir recours aux inventions conceptuelles et aux symboles créés par les scientifiques. Ces deux critiques ont été adressées d'abord à Driver bien qu'elle ait (comme beaucoup dans la communauté des constructivistes) souligné que la majorité des critiques de Matthews provenaient d'une mauvaise interprétation de la littérature (Leach, 1998).

Dans une autre critique, Solomon (1994) soutient que le champ s'est développé rapidement grâce à un papier de Driver & Easley (1978), qui fournit le langage et le cadre théorique nécessaires pour initier et soutenir cette croissance. Cependant, Solomon continue à déclarer que le constructivisme est en déclin pour une série de raisons : (a) il n'existe pas de langage standardisé pour décrire les conceptions des élèves [par exemple, les conceptions des élèves, les cadres alternatifs (alternative frameworks), la science des enfants, les misconceptions, etc.] ; (b) il y a un continuel débat sur la nature et la stabilité de ces conceptions et sur la possibilité de les considérer réellement comme des théories scientifiques ; (c) les efforts déployés pour concevoir des curriculums et des stratégies d'enseignement, à partir d'un point de vue constructiviste de l'apprentissage, n'ont pas jusqu'à présent produit d'effets significatifs ; et (d) l'accent mis sur la construction individuelle des connaissances, telle qu'elle est rapportée dans bon nombre d'études, est incompatible avec le type d'apprentissage qui a lieu dans les pratiques réelles, dans les classes, les cours de récréation ou les laboratoires scientifiques.

Le problème de savoir si l'apprentissage est d'abord une activité individuelle ou s'il est le produit d'un processus socioculturel plus complexe a été débattu ces dernières années dans la communauté de recherche des constructivistes. L'apparition, dans la littérature, d'un certain nombre de théoriciens de l'apprentissage défendant une vue socioculturelle de l'apprentissage (par exemple Bruner 1990 ; Lave & Wenger, 1991 ; Wertsch & Toma, 1995 ; Lave, 1996) indique un changement significatif dans les théories de l'apprentissage. Un nouveau domaine de l'apprentissage a vu le jour : la cognition située (Brown et al., 1989 ; Hennessy, 1993).

Ces dix dernières années ont vu un mouvement vers le « socio-constructivisme » (Driver et al., 1994 ; Roth, 1995 ; Duit & Treagust, 1998). Ces changements, de mon point de vue, constituent un ajustement de la ceinture protectrice de ce programme. Ils sont accompagnés de modifications dans les méthodes de recherche, les situations d'étude, le langage et les concepts utilisés pour interpréter les phénomènes d'apprentissage des élèves. Certains pourraient penser que ces changements conduisent à un nouveau programme de recherches. Les engagements du noyau dur restent inchangés. C'est pourquoi le socio-constructivisme continue à être considéré comme partie intégrante du programme de recherche constructiviste.

D'autres critiques sont centrées sur l'importance accordée aux modèles rationnels aux dépens des composantes affectives de la cognition (Simpson et al., 1994 ; Alsop, 1999). Cet aspect apparaît plus explicitement dans la critique du modèle de changement conceptuel (Posner et al., 1982) par Pintrich et al. (1993). Il y a aussi un intérêt croissant à explorer d'autres façons de penser l'apprentissage des sciences qui ne présupposent pas des normes occidentales de rationalité comme point de départ (Aikenhead, 1996 ; Cobern & Aikenhead, 1998 ; Aikenhead, 2000).

### **3.3. Les méthodes heuristiques**

Le programme de recherche constructiviste a introduit un nombre important de changements conceptuels et méthodologiques. Le plus important étant la reconnaissance que tous les apprenants, même les enfants les plus jeunes, sont capables de construire des conceptions pertinentes lorsqu'ils sont en interaction avec les mondes physique et social. Alors que l'entretien clinique était communément utilisé par un nombre important de chercheurs du domaine, un certain nombre de nouvelles techniques d'investigation de la compréhension des élèves ont été inventées (White & Gunstone, 1992, pour une excellente clarification de ces méthodes).

Les apports des nombreuses études portant sur la compréhension des élèves ont fondé la théorisation des processus d'apprentissage et le développement de programmes pédagogiques centrés sur l'amélioration de l'apprentissage des sciences.

Dès le début, il était clair que les retombées pédagogiques étaient critiques pour la majorité des chercheurs de cette tradition. Un certain nombre d'entre eux se sont focalisés sur la conception de séquences d'enseignement et de matériel didactique. Plus récemment, la perspective constructiviste a constitué un des principaux cadres de référence pour la réalisation d'ouvrages de vulgarisation scientifique utilisés au Canada et aux États-Unis appelés « Science Plus » (McFadden et al., 1990) et de deux ouvrages méthodologiques pour l'enseignement des sciences au niveau élémentaire (Bloom, 1997 ; Ebenezer & Haggerty, 1999).

Le passage de l'apprentissage individuel vers des formes plus socioculturelles d'apprentissage a conduit à de nouvelles approches pédagogiques. Les tenants des aspects culturels de l'apprentissage recommandent de donner une place aux pratiques de communautés scientifiques (par exemple : Nespors, 1994 ; Lave, 1996). Ceux qui mettent l'accent sur les aspects sociaux de l'apprentissage s'attachent particulièrement à la mise en place d'un environnement dynamique, favorisant la collaboration où l'accent est mis sur l'apprentissage du groupe plutôt que sur l'apprentissage individuel (par exemple Brown, 1992 ; Bereiter & Scardamalia, 1993). Cette différence de centration sur le groupe ou l'individu a constitué la base d'une série de trois articles dans « Educational researcher » en 1994 par Bereiter (1994), Cobb (1994), Driver et al. (1994).

Comme nous l'avons fait pour le programme piagétien, nous pouvons utiliser la compilation de White (sous presse) concernant la fréquence d'utilisation de termes dans les résumés d'ERIC, pour dresser la carte des tendances dans le programme constructiviste. Le tableau ci-dessous présente une série de termes étroitement associés à ce programme (tableau 2). La comparaison des tableaux 1 et 2 fait clairement apparaître que le programme constructiviste a acquis une position dominante dans la littérature concernant l'apprentissage des sciences.

Termes utilisés	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995
Constructivisme	0	2	3	57	214
Conception ou Misconception	24	36	134	269	355
Analogies ou métaphores	24	34	58	69	135

**Tableau 2 : Nombre de résumés dans la banque ERIC utilisant les termes associés au programme constructiviste**

#### 4. LE PROGRAMME DE RECHERCHE PHÉNOMÉNOLOGIQUE

L'émergence du programme phénoménologique peut être due en partie aux critiques du programme constructiviste. Ces critiques s'adressaient aux engagements sur le noyau dur et, selon moi, représentent une tentative de développement d'un programme de recherche nouveau et unique. Les deux engagements rejetés par ces critiques sont : la tâche du chercheur est de décrire l'évolution des modèles mentaux construits par l'apprenant ; le lieu de l'investigation est principalement l'individu construisant sa connaissance, qui répond et s'adapte aux contextes personnel, social et culturel.

Pour les phénoménologistes, l'apprentissage n'est pas une construction de structures mentales, mais consiste plutôt à établir des relations entre l'apprenant et le monde. Une des tâches de ces chercheurs est donc d'éclairer la nature de ces relations. Bien qu'un grand nombre d'approches phénoménologiques différentes aient émergé dans la littérature au cours de ces vingt dernières années, je ne discuterai en détail que l'une d'entre elles appelée phénoménographie (Marton & Booth, 1997), parce que cette communauté de recherche a une plus longue histoire que d'autres et que ses membres ont étudié de nombreux domaines pertinents pour l'éducation scientifique. Je vais brièvement faire allusion à une approche émergente appelée « *énactivisme* » (Varela et al., 1991 ; Davis et al., 1996 ; Davis et al., sous presse), qui, selon moi, a un potentiel considérable mais se situe encore au début de son développement dans la littérature du champ de l'éducation. Ces deux approches partagent un certain nombre d'engagements sur le noyau dur bien qu'elles se réfèrent à deux types de littératures différentes.

##### 4.1. Engagements sur le noyau dur

Au centre des approches phénoménologiques, l'engagement est de comprendre comment les individus expérimentent le monde et apprennent à agir dans le monde. Cette perspective sur l'apprentissage est différente de celle qui est développée par Piaget et par les programmes constructivistes. En effet, ces programmes considèrent un monde indépendant et externe et les apprenants développent ou construisent des modèles internes de ce monde. Le programme phénoménologique rejette cette notion de *dualisme personne-monde*. Selon Marton & Booth : « *l'expérience n'est localisée ni dans le sujet, ni dans le monde, n'est ni psychologique, ni physique, n'est ni esprit, ni matière, les expériences comprennent une relation interne entre le sujet et le monde et c'est sa*

*caractéristique fondamentale : une expérience est, par essence, non duelle » (Marton & Booth, 1997, p. 122).*

Le rejet de ce dualisme s'oppose à la conception occidentale selon laquelle il est possible de déterminer des moyens fiables et valides de connaissance du monde extérieur. Il est intéressant de noter que Varela et al. (1991) considèrent le Bouddhisme comme point de départ d'une conception non duelle de penser nos expériences dans le monde, une source d'idées des manières de penser non dualiste à propos de l'expérience dans le monde. Intéressés par la cognition et la création d'un « espace moyen » entre les travaux contemporains des sciences cognitives et la phénoménologie, ils adaptent le problème du dualisme à la perspective d'un cognitiviste :

*« Un scientifique des sciences cognitives qui a une orientation phénoménologique réfléchissant sur les origines de la cognition pourrait raisonner de la façon suivante : Esprits éveillés dans un monde, nous n'avons pas construit notre monde. Nous nous trouvons simplement avec lui. Nous sommes éveillés à nous-mêmes et au monde que nous habitons. Nous réfléchissons sur ce monde en même temps que nous grandissons et nous vivons. Nous réfléchissons à un monde qui n'est pas fait mais trouvé et donc, c'est aussi notre structure qui nous rend capables de réfléchir à ce monde. Alors en réfléchissant nous nous trouvons dans un cercle. (Réflexion et monde se rejoignent intimement). Nous sommes dans un monde qui semble être là avant le début de la réflexion, mais ce monde n'est pas séparé de nous » (Varela et al., 1991, p. 3).*

Une fois cette position non dualiste donnée, comment les phénoménologistes considèrent-ils l'apprentissage et quelles implications cela a-t-il pour la pédagogie ? La réponse de Marton & Booth à cette question est que l'apprentissage est un processus : aller expérimenter<sup>2</sup> pour voir le monde de différentes façons. Ils distinguent leur position phénoménologique de celle du programme de recherche constructiviste en se référant à l'apprentissage comme un processus de constitution (ou souvent de reconstitution) du monde plutôt que de construction de représentations du monde. Parce que ces idées et le langage utilisé pour les exprimer sont relativement neufs, je vais les citer assez longuement. Pour eux, l'expérience est « *généralement une expérience médiatisée : nous ne sommes pas face à un phénomène comme tel mais le phénomène est décrit par d'autres. Jusqu'à un certain point, nous voyons le monde en termes de formes (patterns) d'une culture partagée avec un langage partagé. Notre propre monde devient aussi de plus en plus le monde des autres, et ce dernier, le monde dont on a déjà l'expérience, constitue un point d'appui pour l'apprentissage de même que pour les actes de l'individu. Ceci constitue une différence importante avec le constructivisme individuel qui voit la*

*connaissance comme une construction personnelle, dans l'individu, et avec le constructivisme social qui considère le social, le culturel, la situation extérieure à l'individu, comme la structure de la connaissance [...] Selon nous, l'apprentissage a lieu, la connaissance naît, grâce à un changement de « quelque chose » du monde dans l'expérience d'une personne. Une nouvelle façon de faire l'expérience de quelque chose est constituée par des relations personne-monde et implique les deux [...] L'apprentissage consiste surtout à reconstituer un monde déjà constitué » (Marton & Booth, 1997, p. 139).*

Quelles sont les implications pédagogiques qui émergent de cette position ? Marton & Booth identifient deux principes pour « apprendre à faire des expériences » :

- la structure pertinente de la situation,
- l'architecture de la variation.

La structure pertinente n'amène pas seulement l'apprenant à prendre conscience des caractéristiques de la situation, mais aussi à apprendre quels aspects de la situation apparaissent plus ou moins pertinents pour les buts et objectifs de l'activité. Si l'apprentissage constitue un changement dans la capacité de faire l'expérience d'un phénomène, nous devons donc avoir une idée de ce qui est requis pour provoquer ce changement. Marton & Booth parlent d'un mécanisme de « variation ». Ils postulent que les sources de cette variation peuvent provenir de l'individu lui-même, – par exemple un type de « variation réfléchie » ; ou il peut provenir de l'extérieur – par exemple, d'autres façons de faire l'expérience d'un phénomène proposé par d'autres participants à la situation. Ces sources de création d'un environnement d'apprentissage efficace font penser à celles qui sont identifiées par le programme constructiviste.

## **4.2. Ceinture protectrice**

Puisque ce programme est relativement récent, il n'a pas donné lieu à des critiques fondamentales dans le domaine de l'apprentissage des sciences. Cependant Marton et ses collègues de l'université de Göteborg ont développé leur « perspective phénoménographique » depuis une vingtaine d'années et il y a quelques années, une série d'articles qui examinaient de façon critique l'ensemble des travaux de cette tradition qui ont été publiés (Dall'Alba & Hasselgren, 1996). Il y avait plusieurs thèmes communs à ces critiques. Brièvement résumées, ces critiques portent sur :

- la nécessité de développer et clarifier les hypothèses ontologiques et épistémologiques sous-jacentes à la phénoménographie ;

- la nécessité de cohérence entre buts, ontologie, épistémologie et méthodologie ;
- la nécessité de considérer la nature sociale et discursive de l'expérience humaine comme une partie du processus de recherche ;
- la nécessité de montrer un lien plus étroit entre la phénoménographie et la pédagogie.

Ces critiques sont générales, elles pourraient être adressées à la plupart des programmes de recherche. Ce programme est émergent et la plupart de ces articles ont été publiés récemment. Il n'existe donc pas de recul suffisant pour déterminer si ces critiques ont eu un impact sur le programme phénoménographique. Marton (1996) a répondu à une série de ces critiques dans un article de conclusion de cette collection (Dall'Alba & Hasselgren, 1996) et a développé sa position sur la pédagogie (Marton & Booth, 1997) en réponse possible au dernier point mentionné ci-dessus.

### **4.3. Les méthodes heuristiques**

La méthode de recueil de données utilisée par les phénoménographes est semblable à celle des programmes de recherche antérieurs : l'entretien clinique en profondeur. Cependant, leurs méthodes d'analyse et leur manière d'interpréter les entretiens sont différentes (Johansson et al., 1985 ; Marton, 1988). Plutôt que de postuler des structures mentales construites par les élèves, une approche phénoménographique identifie qualitativement différents moyens de faire l'expérience du monde. Ces variations dans les manières qu'ont les gens d'expérimenter un phénomène donné sont dépeintes comme des « catégories de description ». La tâche du chercheur consiste alors, à partir des caractéristiques particulières du phénomène et des participants, à dépeindre un ensemble de catégories, aussi complet que possible, tout en reconnaissant que cet ensemble ne sera jamais exhaustif.

Une autre différence essentielle entre l'approche phénoménologique et les programmes précédents est que les individus ne sont pas classés dans des catégories particulières ; c'est la relation entre l'individu et la situation qui est décrite et qui peut changer profondément pour un même individu lors du même interview (cf. Linder & Erickson, 1989). La phénoménographie ne souffre donc pas du problème de la création de descriptions rigides du fonctionnement cognitif, comme le firent les programmes antérieurs. Linder (1993) prend cette caractéristique de la phénoménographie comme une des plus puissantes. Il s'oppose à la vision du changement conceptuel selon laquelle une conception est remplacée

par une autre. Il soutient que nous devrions tenter d'améliorer la capacité des élèves à apprécier la variabilité des conceptions (c'est-à-dire différentes façons d'expérimenter le monde) et de reconnaître la manière la plus appropriée pour un contexte et un projet précis.

Le groupe de Göteborg a mené un certain nombre d'études relatives à une variété de domaines conceptuels : densité, force, matière, mole, mouvement. Le concept de mole a fait l'objet d'une étude très complète (Lybeck et al., 1988 ; Tullberg et al., 1994). Ce travail a conduit à développer une séquence d'enseignement qui a permis à la fois aux enseignants et aux élèves d'explorer et d'apprécier les différentes façons d'interpréter le concept de mole et de l'utiliser pour des résolutions de problèmes en chimie (Tullberg, 1998).

Même s'il n'existe qu'un nombre limité d'études concernant les dimensions pédagogiques du programme phénoménologique (Davis, 1996 ; Sumara, 1996 ; Tullberg, 1998 ; Kass & MacDonald, 1999 ; Davis et al., sous presse), un certain nombre de caractéristiques importantes distinguent ce programme pédagogique des précédents. En tenant compte de l'importance de l'expérimentation du monde dans des situations les plus complexes les unes que les autres, « *enseigner consiste moins à aider les élèves à savoir ce qu'ils ne savent pas qu'à les aider à prendre conscience de ce qu'ils n'avaient pas noté. Enseigner consiste à modifier la perception, c'est-à-dire à pointer divers aspects du monde en visant délibérément à favoriser des habitudes différentes de perception/interprétation [...] Cela implique une étude des perspectives, des positionnements et des points de vue* » (Davis et al., sous presse).

La tâche de l'enseignant consiste alors à constituer un environnement pédagogique qui encourage les élèves à comparer et mettre en contraste les expériences présentes avec celles vécues précédemment pour créer de nouvelles interprétations de ces expériences. De plus, l'enseignant doit être préparé à perturber délibérément les habitudes quotidiennes de « l'esprit et de la pratique » des élèves de manière à les encourager à s'engager dans des actes de création et d'invention.

## QUELQUES REMARQUES DE CONCLUSION

Dans cet article, j'ai cherché à montrer comment le domaine de l'apprentissage des sciences a évolué au cours de ces vingt dernières années et à identifier des problèmes qui ont émergé. Je l'ai fait en partie parce que je pense qu'il y a eu un changement dans les programmes de recherche durant cette période, qui a conduit à des changements de perspectives théoriques, de pratiques méthodologiques et de résultats

importants dans cette communauté de recherche. Malheureusement, et j'en suis conscient, peu de changements se sont manifestés dans la communauté de l'enseignement des sciences. La preuve de tels changements est anecdotique, au mieux ou de sources secondaires, tels les documents donnant les orientations générales des politiques<sup>3</sup> ou les curriculums.

Ainsi, il y a eu clairement des changements significatifs dans les façons de conduire les recherches sur l'enseignement. Avec les changements dans les méthodes de recherche qui mettaient l'accent sur la description de l'apprentissage des élèves, la recherche sur l'enseignement est devenue plus approfondie, plus élaborée et plus complexe. Par contraste avec les conceptions antérieures où un module de deux ou trois semaines était consacré à l'enseignement d'un concept particulier, les études les plus récentes concernant la classe tiennent compte de la complexité inhérente à l'apprentissage en classe. Ces dernières études mettent au premier plan le rôle important joué par les échanges linguistiques et cognitifs entre tous les participants d'une classe et reconnaissent qu'un temps important est nécessaire à l'évaluation des résultats de l'apprentissage. Ces changements dans la nature des études sur la classe émergent des nouvelles perspectives théoriques qui mettent l'accent sur l'environnement sociolinguistique de l'apprentissage des sciences.

## L'avenir

Alors que le domaine de l'apprentissage des sciences a connu de grands changements au cours de ces vingt dernières années, il reste encore de nombreux problèmes théoriques et méthodologiques. J'ai montré dans cet article que le programme constructiviste a dominé la littérature sur l'apprentissage au cours de ces quinze dernières années. Néanmoins, il existe encore une tension entre ceux qui cherchent à décrire les structures mentales des individus et ceux qui préfèrent des méthodes plus holistiques et de descriptions de la co-construction sociale de la connaissance mettant l'accent sur l'acculturation des élèves dans une communauté de pratiques. D'un côté, Cobb (1995) a tenté de réunir ces deux approches dans ce qu'il appelle une « *perspective émergente* ». Il propose que les chercheurs utilisent une approche plus pragmatique pour leurs recherches et qu'ils mettent l'accent sur l'amélioration de l'enseignement plutôt que sur le développement d'une théorie de la cognition ou de l'apprentissage. D'un autre côté, di Sessa (1991) plaide pour une réflexion théorique de notre pratique de recherche en éducation. Il souligne un nombre de stratégies heuristiques pour rejoindre les engagements théoriques de nos recherches.

Avec cet article, dans lequel l'engagement d'accepter le noyau dur joue un rôle crucial pour la distinction entre les programmes de recherche, je me rallie clairement aux préoccupations de di Sessa. N'oublions pas cependant de tenir compte des propos de Cobb concernant l'amélioration de l'enseignement. Heureusement ces deux initiatives ne sont pas incompatibles et sont bien illustrées dans un texte à paraître de Davis et al. (sous presse).

Il est encourageant de constater que, depuis vingt ans, les recherches se sont beaucoup plus centrées sur la classe. Cependant je pense que nos efforts devraient être beaucoup plus systématiques et délibérés dans cette perspective. Un mouvement prometteur récent, dans la recherche centrée sur la classe, fait référence soit à des « *conceptions d'expériences (design experiments)* » (Brown, 1992 ; Hawkins & Collins, sous presse) ou à des « *expériences d'enseignement (teaching experiments)* » (Cobb, 1994, 1995 ; Cobb & Yackel, 1995). Ce qui distingue ces approches expérimentales de la plupart des études actuelles centrées sur la classe sont les efforts pour rendre explicites les principes utilisés dans la conception et pour développer une littérature cumulative traitant de l'utilisation de ce type d'approche à la recherche en éducation.

Une autre tendance prometteuse, selon moi, se situe dans le mouvement amenant les praticiens de l'enseignement à être plus actifs dans les recherches concernant leurs propres pratiques et leurs propres classes (Loughran & Northfield, 1996 ; Mitchell & Mitchell, 1997 ; Loughran, 1999 ; Mitchell, 1999). Jusqu'à récemment, la plupart des recherches centrées sur la classe, qui sont rapportées dans la littérature, ont été initiées et supportées par des chercheurs universitaires [cf. les travaux de CLIS (Children's Learning in Science Project) et ceux de Roth]. Cette première étape de travail avec les enseignants est importante. Le pouvoir de prendre des décisions concernant les objets et les méthodes d'investigation doit cependant se décaler vers les enseignants. Nous avons besoin de développer des modèles d'investigation menée avec des collaboration plus équitables et sophistiquées que ceux développés jusqu'à présent (Hoban & Erickson, 1998).

Finalement, je pense que nous sommes à un stade, à la fois pour la littérature de recherche sur les conceptions des élèves et pour la littérature émergente des recherches centrées sur la classe, où il y a besoin de consolider les résultats antérieurs. Il est important que cette synthèse dépasse le travail bibliographique qui a été fait jusqu'à présent dans le domaine. Il importe en effet de construire une cohérence conceptuelle et pédagogique par rapport aux résultats connus en utilisant différentes méthodes et des contextes éducationnels différents. Deux cadres de référence doivent être pris en compte par ceux qui réalisent les synthèses.

Le premier est une explicitation des engagements théoriques utilisés par les auteurs des synthèses. Le second est la perspective pédagogique qui influence cette synthèse. Certains efforts de synthèse de ce type ont déjà été faits par Driver et al. (1985), un autre, ultérieur, par Fensham et al. (1994). Les premiers utilisaient un cadre de référence constructiviste implicite. Dans le second texte, ce cadre de référence était explicite. Néanmoins, je pense qu'une activité à long terme, centrée sur des domaines particuliers avec des cadres de référence explicites serait grandement souhaitable.

En conclusion de cet article, je ne suis pas aussi optimiste que Wandersee et al. qui affirment que « *la synthèse constructiviste apparaît largement partagée et peut devenir la première perspective de recherche dans le domaine. Elle a déjà commencé à être "traduite" pour les enseignants en sciences et influence la pratique de la classe* » (Wandersee et al., 1994). Je pense que la littérature à propos des conceptions alternatives devient quelque peu moribonde (pour emprunter une phrase très connue de Schwab) et je ne vois certainement pas de preuve de changements dans la pratique de la classe. Je suis plutôt d'accord avec les généralisations proposées par Wandersee et al (1994) à partir d'une étude de chercheurs de premier plan s'interrogeant sur l'avenir de la recherche dans le domaine. Certaines de ces généralisations (par exemple le besoin d'*explorer les dimensions culturelles de l'apprentissage* et celui de s'intéresser au *changement conceptuel*) ont déjà été mises en acte (Cobern & Aikenhead, 1998 ; Hewson et al., 1998 ; Aikenhead, 2000). D'autres (le besoin de *fondations théoriques solides*, un centrage plus grand sur *l'intégration des résultats des recherches et sur les processus et pratiques de la classe*) font largement défaut.

Dans une revue récente de la littérature concernant l'apprentissage, Duit & Treagust (1998) reconnaissent la tension entre les points de vue de la construction personnelle et sociale de la connaissance mais concluent « *les positions concurrentes mettent l'accent sur différents aspects du processus d'apprentissage. Les recherches ultérieures ne devraient pas s'attacher aux différences mais présenter une vue intégrative de l'apprentissage et conceptualiser les différentes positions comme complémentaires. Ceci amènerait les chercheurs à étudier le processus complexe de l'apprentissage plus adéquatement que selon une seule des visions.* » (Duit & Treagust, 1998, p. 3).

Je pense que cette option « non compétitive » néglige le rôle important joué par le cadre théorique sous-jacent des chercheurs. À moins que des efforts soient faits pour développer un cadre conceptuel sur l'apprentissage comme Cobb (1995) et Davis et al. (sous presse) sont en train de le faire, je pense que le domaine va continuer à être caractérisé par

des méthodes de recherche fragmentées, des résultats contestés et différer le développement de nouvelles perspectives pédagogiques. Selon moi, la marche à suivre est de considérer avec attention la position la plus holistique proposée par les partisans du programme de recherche phénoménologique. Ces chercheurs stipulent que la distinction entre l'individu et le contexte social est fallacieuse de même que le dualisme esprit – corps. Le travail conceptuel et empirique commencé dans ce programme de recherche émergeant justifie une attention particulière par la communauté de recherche en didactique des sciences pour les prochaines années.

## NOTES

1. Un mécanisme similaire est proposé par Stephen Gould (1996) pour les changements qui se produisent dans les organismes biologiques avec le temps, bien qu'il y réfère comme un « principe de diversité ».

2. Attention ici il ne s'agit pas d'une expérience scientifique mais le sens d'expérience (experience en anglais) est celui français « d'acquérir de l'expérience, c'est une personne d'expérience ».

3. Par exemple, la centration sur le contenu s'est décalée de la structure du savoir en jeu vers l'investigation des élèves et l'habileté à communiquer des idées scientifiques. Ceci s'est manifesté aux USA dans plusieurs documents des « standards » (AAAS, 1993 ; NRC, 1996). En Angleterre cela a été mis en jeu dans le curriculum national (DFEE/QCA, 1999) comme un « but à atteindre ».

## BIBLIOGRAPHIE

- AAAS (American Association for the Advancement of science) (1993). *Benchmarks for Scientific Literacy*. Washington, AAAS.
- ABRAHAM M. (1998). The learning cycle approach as a strategy for instruction in science. In B. Fraser & K. Tobin (Éds), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 513-524.
- ADEY P. & SHAYER M. (1994). *Really Raising Standards : Cognitive Intervention and Academic Achievement*. London, Routledge.
- AIKENHEAD G.S. (1996). Science Education : Border-crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, n° 27, pp. 1-52.
- ALSOP S. (1999). Testing the temperature : Exploring the affective domain in science education. Paper presented at the *Annual Meeting of the Canadian Society for the Study of Education*, Sherbrook, Québec.
- AUSUBEL D., NOVAK J. & HANESIAN H. (1978). *Educational Psychology : a Cognitive View*. New York, Holt, Rinehart & Winston.

- BEREITER C. (1994). Constructivism, socioculturism and Popper's World 3. *Educational Researcher*, vol. 23, n° 7, pp. 21-23.
- BEREITER C & SCARDAMALIA M. (1993). *Surpassing Ourselves. An Inquiry into the Nature and Implications of Expertise*. Chicago, Open Court.
- BLOOM J. (1997). *Creating a classroom community of young scientists*. Toronto, Irwin Pub.
- BROWNA. (1992). Design experiments : Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions. *Journal of the Learning Sciences*, vol. 2, n° 2, pp. 141-178.
- BROWN J.S., COLLINS A. & DUGUID P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, vol. 18, n° 1, pp. 32-42.
- BRUNER J. (1990). *Acts of meaning*. Cambridge (Mass.), Harvard University Press.
- CARMICHAEL P., DRIVER R., HOLDING B., PHILLIPS I., TWIGGER D. & WATTS M. (1990). *Research on Students, Conceptions in Science : A Bibliography*. Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- COBB P. (1994). Where is the mind ? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational Researcher*, vol. 23, n° 7, pp. 13-20.
- COBB P. (1995). Continuing the conversation : A response to Smith. *Educational Researcher*, vol. 24, n° 7, pp. 25-27.
- COBB P. & YACKEL E. (1995). Constructivist, emergent, and sociocultural perspectives in the context of developmental research. Paper presented at *the annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Columbus, Ohio*.
- COBERN W.W. & AIKENHEAD G.S. (1998). Cultural aspects of learning science. In B. Fraser & K. Tobin (Éds), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 39-52.
- DALL'ALBA G. & HASSELGREN B. (Éds.) (1996). *Reflections on Phenomenography : Toward a Methodology ?* Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis.
- DAVIS B. (1996). *Teaching Mathematics : Toward a Sound Alternative*. New York, Garland.
- DAVIS B., SUMARA D. & KIEREN T. (1996). Cognition, co-emergence, curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, n° 28, pp. 151-169.
- DAVIS B., SUMARA D. & LUCE-KAPLER R. (in press). *Engaging Minds : Learning and Teaching in a Complex World*. Mahwah, Erlbaum.
- DFEE/QCA (Department for Education and Employment/Qualifications and Curriculum Authority) (1999). *Science. The National Curriculum for England*. London, DFEE/QCA.
- DI SESSA A. (1991). If we want to get ahead, we should get some theories. In *Proceedings of the 13th Annual Meeting of the Psychology of Mathematics Education, vol. 1*. Blacksburg, Psychology of Mathematics Education Group.
- DRIVER R. (1978). When is a stage not a stage ? A critique of Piaget' s theory of cognitive development and its application to science education. *Educational Research*, vol. 21, n° 1, pp. 54-61.
- DRIVER R. & EASLEY J. (1978). Pupils and paradigms : A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, n° 5, pp. 61-84.
- DRIVER R. & ERICKSON G. (1983). Theories-in-action : Some theoretical and empirical issues in the study of students, conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, n° 10, pp. 37-60.
- DRIVER R., GUESNE E. & TIBERGHEN A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Buckingham, Open University Press.

- DRIVER R., ASOKO H., LEACH J., MORTIMER E.F. & SCOTT P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, vol. 23, n° 7, pp. 5-12.
- DUIT R. & TREGUST D. (1998). Learning in science from behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. Fraser & K. Tobin (Éds), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 3-25.
- EBENEZER J. & HAGGERTY S. (1999). *Becoming a secondary school science teacher*. Upper Saddle River, Merrill.
- EYLON B.-S. & LINN M.C. (1988). Learning and instruction : An examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, n° 58, pp. 251-301.
- FARNHAM-DIGGORY S. (1994). Paradigms of knowledge and instruction. *Review of Educational Research*, vol. 64, n° 3, pp. 463-477.
- FELDMAN D. (1980). *Beyond Universals in Cognitive Development*. Norwood, Ablex.
- FENSHAM P., GUNSTONE R. & WHITE R. (Éds) (1994). *The Content of Science : A Constructivist Approach to its Teaching and Learning*. London, Falmer.
- GAGNÉ R. (1970). *Conditions of Learning*. New York, Holt, Rinehart & Wilson.
- GAGNÉ R. & WHITE R. (1978). Memory structures and learning outcomes. *Review of Educational Research*, vol. 48, n° 2, pp. 187-222.
- GENTNER D. & STEVENS A. (1983). *Mental models*. Mahwah, Erlbaum.
- GILBERT J., OSBORNE R. & FENSHAM P. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, vol. 66, n° 4, pp. 623-633.
- GILBERT J.K. & BOULTER C.J. (1998). Learning science through models and modelling. In B. Fraser & K. Tobin (Éds.), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 53-66.
- GOULD S. (1996). *Full House : The Spread of Excellence from Plato to Darwin*. New York, Harmony Books.
- HAWKINS J. & COLLINS A. (Éds) (in press). *Design Experiments : Using Technology to Restructure Schools*. New York, Cambridge University Press.
- HELM H. & NOVAK J. (1983). Proceedings of the *First International Seminar on Student Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, Cornell University, Department of Education.
- HOBAN G. & ERICKSON G. (1998). Frameworks for Sustaining Professional Learning. Paper presented at the *Australasian Science Education Research Conference in Darwin, Australia*.
- HENNESSY S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship : Implications for classroom learning. *Studies in Science Education*, n° 22, pp. 1-41.
- HEWSON P.W., BEETH M.E. & THORLEY N.R. (1998). Teaching for conceptual change. In B. Fraser & K. Tobin (Éds), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 199-218.
- JOHANSSON B., MARTON F. & SVENSSON L. (1985). An approach to describing learning as change between qualitatively different conceptions. In L. West & L. Pines (Éds), *Cognitive Structure and Conceptual Change*. New York, Academic Press, pp. 233-257.
- KASS H. & MACDONALD L. (1999). The learning contribution of student self-directed building activity in science. *Science Education*, vol. 83, n° 4, pp. 449-471.
- LAKATOS I. (1970). *The Methodology of Scientific Research Programmes : Philosophical Papers, vol. I*. Cambridge, Cambridge University Press.
- LARKIN J., MCDERMOTT J., SIMON D. & SIMON H. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*, n° 208, pp. 1335-1342.

- LAVE J. (1996). Teaching, as learning, in practice. *Mind Culture and Activity : An International Journal*, vol. 3, n° 3, pp. 149-164.
- LAVE J. & WENGER E. (1991). *Situated learning : Legitimate Peripheral Performance*. New York, Cambridge University Press.
- LAWSON A.E. (1994). Research on the acquisition of science knowledge : Epistemological foundations of cognition. In D. Gabel (Éd.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York, Macmillan, pp.131-176.
- LEACH J. (1998) & DRIVER R. (1941, 1997). A tribute to her contribution to research in science education. In M. Méheut & G. Rebmann (Éds), *Theory, Methodology and Results of Research in Science Education : Proceedings of the Fourth European Science Education Summer School*. Paris, Université Paris 7, pp. 12-29.
- LINDER C. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, vol. 77, n° 3, pp. 293-300.
- LINDER C. & ERICKSON G. (1989). A study of tertiary physics students, conceptualizations of sound. *International Journal of Science Education*, vol. 11, n° 5, pp. 491-501.
- LOUGHRAN J. (1999). Researching teaching for understanding. In J. Loughran (Éd.), *Researching Teaching : Methodologies and practices for Understanding Pedagogy*. London, Falmer, pp. 1-9.
- LOUGHRAN J. & NORTHFIELD J. (1996). *Opening the Classroom Door : Teacher, Researcher, Learner*. London, Falmer.
- LYBECK L., MARTON F., STRÖMDAHL H. & TULLBERG A. (1988). The phenomenography of the mole concept, in chemistry. In P. Ramsden (Éd.), *Improving Learning : New Perspectives*. London, Kogan Page, pp. 81-108.
- McFADDEN C., ARMOUR N., MOORE A. & MORISSON E. (1990). *Science Plus : Technology and Society*. Toronto, Harcourt Brace Jovanovich.
- MARTON F. (1988). Phenomenography : Exploring different conceptions of reality. In D.M. Fetterman (Éd.), *Qualitative Approaches to Evaluation in Education*. London, Praeger, pp. 176-205.
- MARTON F. (1996). *Cognosco ergo sum reflections on reflections*. In G. Dall'Alba & B. Hasselgren (Éds.), *Reflections on Phenomenography : Toward a Methodology ?* Göteborg, Acta Universitatis Gothoburgensis, pp. 163-187.
- MARTON F. & BOOTH S. (1997). *Learning and Awareness*. Mahwah, Erlbaum.
- MATTHEWS M. (1992). Constructivism and empiricism : An incomplete divorce. *Research in Science Education*, n° 22, pp. 299-307.
- MATTHEWS M. (1994). Discontent with constructivism. *Studies in Science Education*, n° 24, pp. 165-172.
- METZ K.E. (1998). Scientific inquiry within reach of young children. In B. Fraser & K. Tobin (Éds), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 81-96.
- MILLAR R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, vol. 11, n° 5, pp. 587-596.
- MITCHELL I. (1999). Bridging the gap between research and practice. In J. Loughran (Éd.), *Researching Teaching : Methodologies and practices for Understanding Pedagogy*. London, Falmer, pp. 44-64.
- MITCHELL I. & MITCHELL J. (1997). *Stories of Reflective Teaching : A Book of PEEL Cases*. Melbourne, PEEL Publishing.
- NESPOR J. (1994). *Knowledge in Motion : Space, Time and Curriculum in Undergraduate Physics and management*. London, Falmer.

- NOVAK J. (1978). A alternative to Piagetian psychology for science and mathematics education. *Studies in Science Education*, n° 5, pp. 1-30.
- NRC (National Research Council) (1996). *National Science Education Standards*. Washington, National Academy Press.
- PFUNDT H. & DUIT R. (1994). *Bibliography : Students Alternative Frameworks and Science Education (4th edition)*. Kiel, IPN.
- PIAGET J. (1970). *Genetic Epistemology*. New York, Columbia University Press.
- PINTRICH P.R., MARX R.W. & BOYLE R.A. (1993). Beyond cold conceptual change : The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, vol. 63, n° 2, pp. 167-199.
- POSNER G.J., STRIKE K.A., HEWSON P.W. & GERTZOG W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception : Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, vol. 66, n° 2, pp. 211-227.
- ROTH W.-M. (1995). *Authentic school science : Knowing and learning in open-inquiry laboratories*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- SCIS (1970). *Science Curriculum Improvement Study*. Chicago, Rand-McNally.
- SIEGEL L. & BRAINERD C. (Éds) (1978). *Alternatives to Piaget : Critical Essays on the Theory*. New York, Academic Press.
- SIMPSON R., KOBALLA T. & OLIVER S. (1994). Research on the affective dimension of science learning. In D. Gabel (Éd.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York, Macmillan, pp. 211-234.
- SOLOMON J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, n° 23, pp. 1-19.
- SUMARA D. (1996). *Private Readings in Public : Schooling the Literary Imagination*. New York, Peter Lang.
- TULLBERG A. (1998). *Teaching the Mole : A Phenomenographic Inquiry into the Didactics of Chemistry*. Doctoral dissertation, University of Göteborg.
- TULLBERG A., STRÖMDAHL H. & LYBECK L. (1994). Students' conceptions of 1 mole and educators ; conceptions of how they teaching «the mole». *International Journal of Science Education*, vol. 16, n° 2, pp. 145-156.
- VARELA F., THOMPSON E. & ROSCH E. (1991). *The Embodied Mind : Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge (Mass.), MIT Press.
- WANDERSEE J.H., MINTZES J.J. & NOVAK J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. Gabel (Éd.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York, Macmillan, pp. 177-210.
- WERTSCH J. & TOMA C. (1995). Discourse and social dimensions of knowledge and classroom teaching. In L. Steffe & J. Gale (Éds), *Constructivism in Education*. Hillsdale, Erlbaum, pp. 159-175.
- WHITE R. (in press). The revolution in research on science teaching. In V. Richardson (Éd.), *Handbook of Research on Teaching*.
- WHITE R. & GUNSTONE R. (1992). *Probing Understanding*. London, Falmer.

## Report of innovation

### **Des situations-débats pour développer l'argumentation des élèves sur les biotechnologies : compte rendu d'innovation**

### **Debate situations to promote pupils' argumentation on the topic of biotechnology : report of innovation**

**Laurence SIMONNEAUX**

École Nationale de Formation Agronomique  
BP 87  
31326 Castanet-Tolosan cedex, France.

#### **Résumé**

*Les biotechnologies ont des champs d'application très variés, de l'industrie chimique à l'agriculture, et du diagnostic médical et de l'industrie pharmaceutique à l'environnement. Leurs répercussions sont sujettes à débats. L'argumentation est au cœur de la construction des savoirs ; elle doit avoir un rôle central en éducation scientifique dans une perspective démocratique. L'enjeu éducatif est de développer les compétences argumentatives des élèves pour qu'ils puissent participer aux débats en tant que citoyens. Cet article situe différents courants théoriques portant sur l'argumentation et présente une méthode d'analyse de stratégies didactiques proposées pour développer l'argumentation des élèves sur les biotechnologies. Cinq exemples supports sont traités. Il s'agit de situations-*

débats. L'analyse est centrée successivement sur les caractéristiques sociales et sur les procédures préconisées. Il ne s'agit pas de porter un jugement, mais d'essayer de se donner des outils d'analyse permettant aux concepteurs et aux utilisateurs d'étayer leurs choix. Les argumentations des élèves dans deux situations-débats sont étudiées.

**Mots clés :** éducation biotechnologique, argumentation, sociologie de la justification, situation-débat, prise de décision argumentée.

### **Abstract**

Biotechnology applications are used in many different fields, from the chemicals industry to agriculture and from medical diagnoses to the pharmaceuticals and environmental sectors, and their repercussions are the subject of much debate. Argumentation is a key to the build-up of knowledge, and is a crucial aspect of scientific education in a democracy. The issue for educationalists is how to develop argumentation skills among pupils, so as to enable them to participate in debates as citizens. This paper places the various theories on argumentation in context and presents a method for analysing the didactic strategies that have been put forward to develop pupils' argumentation skills in the area of biotechnology. Five supporting examples are considered. They are debate-situations. Our analysis focuses successively on the social characteristics at play and on the procedures recommended. Our aim is not to make value judgements, but to attempt to produce analytical tools to support designers and users of teaching materials in making their choices. Pupils' argumentation in two debate situations are analysed.

**Key words :** biotechnology education, argumentation, sociology of justification, debate situations, informed decision-making.

### **Resumen**

Las biotecnologías tienen campos de aplicación muy variados, desde la industria química hasta la agricultura y desde el diagnóstico médico y de la industria farmacéutica hasta el medio ambiente. Sus repercusiones están sujetos a debates. La argumentación está en el corazón de la construcción de los saberes; debe tener un rol central en educación científica dentro de una perspectiva democrática. La postura educativa es de desarrollar las competencias argumentativas de los alumnos para que ellos puedan participar en los debates en tanto que ciudadanos. Este artículo sitúa diferentes corrientes teóricas que tratan sobre la argumentación y presenta un método de análisis de estrategias didácticas propuestas para desarrollar la argumentación de los alumnos sobre las biotecnologías. Cinco ejemplos

*soportes son tratados. Se trata de situaciones-debates. El análisis está centrado sucesivamente en las características sociales y en los procedimientos preconizados. No se trata de hacer un juicio, sino de proporcionar herramientas de análisis que permitan a los creadores y utilizadores fundamentar su selección. Son estudiadas las argumentaciones de los alumnos en dos situaciones -debates.*

**Palabras claves :** *educación biotecnológica, argumentación, sociología de la justificación, situación-debate, toma de decisión argumentada.*

## **1. LES ENJEUX DE L'ARGUMENTATION ET DES PRISES DE DÉCISION JUSTIFIÉES**

Les biotechnologies ont des champs d'application très variés, de l'industrie chimique à l'agriculture, et du diagnostic médical et de l'industrie pharmaceutique à l'environnement. Leurs répercussions sont sujettes à débats. L'enjeu éducatif est de développer les compétences argumentatives des élèves pour qu'ils puissent participer aux débats. Il s'agit entre autres de permettre aux élèves d'identifier leur posture affective, les arguments utilisés par les scientifiques, les vulgarisateurs, les enseignants, les autres élèves et eux-mêmes, leur validité, les étapes d'une prise de décision, etc.

L'objectif est de favoriser l'identification des critères et des informations qui étayent une prise de position (la sienne et celle de l'autre). Il s'agit alors d'une prise de position problématisée. Le support privilégié pour atteindre cet objectif est le débat (entendu au sens générique). En participant à des débats, les élèves peuvent :

- être sensibilisés à la complexité d'une prise de décision sur des questions porteuses de répercussions sociales (économiques, éthiques et écologiques) ;
- se familiariser avec le génie génétique ;
- acquérir des habiletés pour énoncer et défendre/critiquer un point de vue ;
- apprendre à distinguer des énoncés descriptifs (description des faits) et normatifs (évaluation des faits) dans une discussion.

L'intérêt fondamental des stratégies didactiques mises en œuvre est d'ouvrir l'école au-delà de l'apprentissage des connaissances. Les savoirs sont socialisés, contextualisés. Leurs enjeux sont débattus. Il s'agit d'un apprentissage social.

Ce texte présente tout d'abord une méthode d'analyse de stratégies didactiques proposées pour développer l'argumentation des élèves sur les biotechnologies. Cinq exemples supports sont traités. L'analyse est centrée successivement sur les caractéristiques sociales et sur les procédures préconisées. Il ne s'agit pas de porter un jugement, mais d'essayer de se donner des outils d'analyse permettant aux concepteurs et aux utilisateurs d'étayer leurs choix. Différents courants théoriques peuvent permettre d'analyser les débats en classe. Après les avoir évoqués, j'utiliserai le cadre théorique des économies de la grandeur pour étudier les arguments utilisés par les élèves dans deux situations-débats.

## 2. ANALYSE DE DIFFÉRENTS SUPPORTS DE DÉBATS

Cinq situations élaborées dans le cadre de recherches en didactique ont été étudiées. Elles portent sur différentes applications biotechnologiques : les situations ❶ et ❷ sur la mise en place d'un élevage de saumons transgéniques géants, les Sumotoris (Simonneaux et al., 1997), la situation ❸ sur le clonage humain (Simonneaux, 1999), la situation ❹ sur le dépistage génétique (Waarlo, 1999), la situation ❺ sur la fabrication d'oncosouris (Harms, 1997). La situation ❶ a été conçue initialement sous la forme d'un jeu de rôle, elle fait partie d'un module de l'European Initiative for Biotechnology Education (EIBE) ; sa conception didactique a fait l'objet d'une publication (Simonneaux et al., 1997). Son impact a été comparé à celui d'un débat classique (situation ❷) en classe sur le même sujet (Simonneaux, à paraître). La situation ❺ fait partie du même module de l'EIBE que la situation ❶, ce module est consacré aux transgénèses animales.

Pour faciliter la lecture, un titre a été donné à chaque situation-débat.

Situation-débat ❶ : jeu de rôle sur les Sumotoris

Situation-débat ❷ : débat sur les Sumotoris

Situation-débat ❸ : débat sur le clonage humain

Situation-débat ❹ : débat sur le dépistage génétique

Situation-débat ❺ : débat sur la fabrication d'oncosouris

Nous pouvons classer les situations proposées dans le champ des situations-problèmes au sens large, en fait il s'agit de situations-débats. Comme le rappelle A. Robert (1999), les situations-problèmes qui ont été privilégiées dans les recherches didactiques correspondent à un scénario complet, assez précis. Deux types de facteurs interviennent dans leur

élaboration, notamment pour la conception du problème initial : des contenus, à choisir soigneusement, en association intime avec une gestion précise, comprenant différents moments bien distincts. Les situations supports, présentées ici, correspondent à cette description. Il s'agit de scénarios, fruits de démarches d'ingénierie didactique, dans lesquelles ont été pesés les contenus et la gestion des activités. Ici, il ne s'agit pas de favoriser l'acquisition de notions conceptuelles, mais de promouvoir des compétences procédurales et communicationnelles en matière de prise de décision et d'argumentation sur l'application de savoirs biotechnologiques, porteurs de fascination et d'angoisse, et entachés d'incertitude quant à leurs répercussions. Il faut insister sur le caractère situé des connaissances mises en jeu, et sur la contextualisation et la socialisation des objets de savoirs (ou plutôt des objets de débats). Comme le constate A. Robert (1999), il y a peu de situations-problèmes dans la littérature, et c'est un travail important de les imaginer (« *une recherche* », dit-elle).

L'analyse des situations est centrée successivement sur les caractéristiques sociales et sur les procédures préconisées.

## **2.1. Caractéristiques sociales**

Tout argument est contextualisé, conjoncturel. Il dépend de la culture du groupe social d'appartenance, de l'identité socio-professionnelle, des situations et des acteurs considérés. Ceci est aussi vrai pour les scientifiques. Leurs points de vue sont influencés par l'environnement scientifique du moment, par leurs engagements (financement privé des programmes de recherche), par leurs propres valeurs. Ainsi, les caractéristiques sociales des situations proposées aux élèves sont importantes à considérer.

### **2.1.1. Contexte**

Une façon d'appréhender le degré de socialisation des savoirs en jeu est d'analyser le contexte des situations proposées. Il s'agit d'identifier la qualité du contexte social (une entreprise, un village, un territoire, une famille, etc.) et le niveau de personnalisation (groupes sociaux, personnalités identifiées et décrites sur le plan socioprofessionnel, des intérêts, des motivations, des interrogations, voire des valeurs). Le contexte peut être local ou global.

Dans la situation « jeu de rôle sur les Sumotoris », le contexte est de façon prédominante local : un village dans son environnement économique et écologique. Dans un village du bord de mer, proche d'un port de pêche, Yann Le Goff, un pisciculteur, envisage d'élever des saumons

génétiqnement modifiés qui ainsi grandissent plus vite et deviennent géants. Il les appelle les Sumotoris, du nom des lutteurs japonais. Un groupe local constitué de pêcheurs, de consommateurs, de membres d'une association de protection de la nature, de pisciculteurs traditionnels a formé un comité de lutte contre ce projet. Mais Yann Le Goff est soutenu notamment par le conservateur et une partie du conseil municipal. Le maire a organisé un débat public en invitant des spécialistes. Il s'agit d'une situation fortement personnalisée. Il n'empêche qu'un certain nombre de questions (écologiques, la santé humaine, les problèmes de famine dans le tiers monde, les réglementations, etc.) élargissent le contexte de la discussion.

La situation « débat sur les Sumotoris » aborde le même thème. Mais, cette fois, le problème est envisagé en soi et non pas dans un contexte local, identifié et personnalisé.

Le clonage humain dans la troisième situation-débat est également appréhendé dans un contexte global. La discussion est initiée à partir de citations présentant des avis contradictoires d'élèves, d'éthiciens, de scientifiques et d'hommes de la rue.

Le dépistage génétique dans la quatrième situation-débat est abordé dans un contexte personnalisé, à partir d'une vidéo présentant deux cas réels concernant des personnes confrontées à des cancers d'origine génétique.

Le contexte de la situation « débat sur la fabrication d'oncosouris » est celui d'une entreprise en crise financière. L'entreprise Pharma de Manchester a toujours été l'une des plus performantes dans le domaine de la technologie génétique appliquée à la médecine. Elle est spécialisée dans la recherche et le traitement des maladies héréditaires. Depuis huit ans, l'entreprise avait un grand succès, vendant des médicaments produits par des bactéries transgéniques. Pendant ce temps, d'autres entreprises dans le monde ont aussi obtenu de grands succès dans ce champ de recherche, créant une compétition importante et entraînant une chute dramatique des bénéfices de Pharma. La direction de Pharma a d'abord licencié cinquante employés, soit le quart des salariés. Ensuite, de nouvelles innovations furent indispensables. S'ils ne réussissaient pas dans les trois ans à trouver les moyens d'obtenir plus d'informations sur les maladies héréditaires et de produire des médicaments pour les prévenir, l'entreprise devrait fermer et tous les employés – scientifiques, ouvriers, secrétaires, etc. – perdraient leur travail. Au cours d'une « réunion de crise », les chercheurs ont décidé de changer l'orientation de leurs recherches, de travailler avec des souris et de focaliser leur recherche sur le cancer car ils ont récemment identifié, analysé et cloné le gène d'un cancer du cerveau particulier (appelé brac 1). Ce type de cancer est très virulent et affecte des individus de tous âges –

de nombreux adolescents en sont morts – jusqu'à présent il n'y a pas de traitement. Le but des chercheurs a été de « fabriquer » une souris transgénique qui porterait le gène *brac 1* et qui serait donc susceptible de développer cette forme de cancer du cerveau. Elle pourrait alors être utilisée comme un modèle de la maladie dans des recherches sur le développement de la tumeur du cerveau et pour essayer des traitements. Le responsable de l'équipe de recherche a présenté à la direction un programme de recherche pour les deux ans à venir. Le directeur a été satisfait de ce programme, mais d'autres membres de la direction ont attiré l'attention sur un règlement qui prévoit que toute modification génétique sur des mammifères doit être abondamment discutée et décidée par la commission d'éthique. Il a été décidé de réunir une commission d'éthique rassemblant des chercheurs, la direction et des experts en éthique.

### ***2.1.2. Catégories d'acteurs***

Les acteurs sont nombreux et de statuts sociaux différents dans le jeu de rôle sur les Sumotoris : le pisciculteur porteur du projet, le conservateur intéressé par le projet, un pisciculteur traditionnel, un patron pêcheur, une étudiante en communication « branchée », un gastronome, une poissonnière, un responsable d'une association écologique, un chercheur en physiologie des poissons, un membre de la Surf Rider Fondation qui s'intéresse aux problèmes écologiques en bord de mer, une jeune mère partisane de l'agriculture biologique, le maire, un africain, doctorant en biotechnologie. Chacun des acteurs est caractérisé en fonction de son statut socioprofessionnel, de ses convictions et de ses interrogations. Le « débat sur les Sumotoris » et le « débat sur le clonage humain » ne convoquent pas d'acteurs. La première partie de la vidéo du « débat sur le dépistage génétique » évoque un père et ses trois fils. Dans le « débat sur la fabrication d'oncosouris », les acteurs sont moins personnalisés, il s'agit de la direction et des chercheurs de l'entreprise Pharma et d'experts en éthique.

### ***2.1.3. Implication des élèves***

L'implication des élèves est tributaire de différents facteurs inhérents ou pas aux situations proposées, selon que la situation les motive ou les touche, selon les contraintes qui leur sont imposées (se plier aux rôles des personnages dans le jeu de rôle ; s'exprimer librement ou même ne pas s'exprimer dans le débat s'ils sont observateurs, etc.), mais aussi selon leur personnalité (expansive ou réservée), selon leurs représentations sociales, selon la coutume didactique de l'enseignant, etc.

### 2.1.4. Catégories d'information

Dans les cinq situations analysées, des apports de contenus scientifiques sont prévus : soit en amont de la discussion (jeu de rôle et débat sur les Sumotoris, débat sur le clonage humain), soit au cours de la démarche (dans les autres débats). Ils peuvent se faire à la demande des élèves (débats sur les Sumotoris et sur le dépistage génétique). Ils peuvent être identiques pour tous ou partiellement modulés en fonction des personnages joués (jeu de rôle sur les Sumotoris). Le tableau 1 présente les apports d'informations réalisés dans les différentes situations-débats.

Situations-débats	Jeu de rôle sur les Sumotoris	Débat sur les Sumotoris	Débat sur le clonage humain	Débat sur le dépistage génétique	Débat sur la fabrication d'oncosouris
Apports d'informations sociologiques	+	+	+	+	+
éthiques	+	+	+	+	+
économiques	+	+	+	-	+
écologiques	+	+	-	-	-
juridiques	+	+	+	-	-

Tableau 1 : Catégories d'informations fournies selon les situations

Bien évidemment, on peut supposer que la nature des informations fournies aux élèves jouera sur la qualité de leur argumentation.

## 2.2. Procédures

Pour chacune des situations analysées, les concepteurs ont proposé une démarche aux enseignants. Les procédures à suivre comportent plus ou moins d'étapes ; il peut s'agir d'étapes individuelles ou collectives.

### 2.2.1. Structuration des étapes

#### ♦ Le jeu de rôle sur les Sumotoris s'articule autour de trois grandes étapes.

Avant le jeu de rôle, les élèves remplissent individuellement un pré-test qui vise à évaluer leurs opinions sur les recherches concernant différentes transgénèses animales. Après une introduction sur la transgénèse à partir de la présentation de l'histoire de la domestication et de l'historique du transfert du gène de l'hormone de croissance, le jeu de

rôle est présenté. Puis les élèves énoncent par écrit *a priori* leur opinion sur l'installation de l'élevage de Sumotoris en la justifiant.

Après distribution des rôles, les élèves font une liste des questions qu'ils souhaitent poser et formulent leurs arguments, du point de vue de leur personnage. Des étiquettes placées devant eux informent du nom, de la spécificité ou du métier du personnage joué. Des observateurs, désignés parmi les élèves, doivent recueillir les prises de parole des participants, faire un tableau des arguments pour et contre, sélectionner les arguments les plus importants et les résumer, faire une liste des énoncés descriptifs et normatifs.

Pendant le jeu de rôle, l'enseignant joue celui du maire. Il introduit le jeu de rôle. Il régule le temps. Il demande aux élèves de voter à la fin du débat.

À l'issue du jeu de rôle, chaque élève émet par écrit son avis sur le projet en le justifiant, précise sous quelle(s) condition(s) il pourrait changer d'avis, puis, remplit le post-test sur les opinions. Une discussion s'établit sur la méthode, les sentiments ressentis par chacun. Avec l'aide des observateurs est analysé le processus de prise de décision.

◆ **Dans le débat sur les Sumotoris, le déroulement est identique au précédent.**

L'enseignant situe le débat par analogie avec la conférence des citoyens qui s'est déroulée en France sur les biotechnologies en 1998. Il fixe l'objectif : les élèves devront proposer une décision argumentée. Il précise dans un premier temps qu'il s'agit de débattre des aspects économiques, politiques, écologiques et de ceux liés à la santé humaine. Il reste neutre. Il laisse les élèves aborder spontanément les différents champs ; en cas d'oubli d'un (ou plusieurs) champ(s), il sollicite leur avis sur le(s) champ(s) oublié(s). Dans un second temps, il propose au débat les différents thèmes abordés dans le jeu de rôle, si ceux-ci n'ont pas été traités spontanément par les élèves : augmentation de la productivité des élevages, aggravation de la surproduction, transfert technologique dans les pays du tiers monde et lutte contre la famine, déséquilibre de l'écosystème, réduction de la biodiversité, risque pour la santé humaine, étiquetage et réactions des consommateurs, brevetabilité du vivant, monopole des firmes. Il fournit aux élèves, au fur et à mesure, les mêmes informations que celles contenues dans le jeu de rôle.

◆ **Dans le débat sur le clonage humain, l'enseignant plante d'abord le décor du clonage humain**

Le clonage humain est ancré dans les mythes. C'est aussi un fantasme scientifique qui ne date pas d'hier comme le montrent les

commentaires de scientifiques depuis 1966. Après la naissance de Dolly, Richard Seed a relancé l'idée du clonage humain. Il a annoncé son intention d'ouvrir une clinique pour le clonage humain.

Le clonage humain est aussi un marché pour les sectes. Il est justifié par des avantages espérés au niveau médical et financier. Les législations concernant ce sujet dans les différents pays ne sont pas identiques et ouvrent peut-être des possibilités pour les apprentis-cloneurs.

À partir de la présentation des aspects essentiels des lois dans 16 pays, les élèves construisent un tableau précisant les dispositions prises (interdiction, moratoire, sujet à débat, autorisation). Ils indiquent :

- sur quoi portent les dispositions (création de clones humains, de chimères, d'hybrides, recherches sur l'embryon humain, jusqu'à quel âge, création d'embryon humain *in vitro* à des fins d'un projet de recherche, la durée du moratoire s'il est prévu),
- les problèmes juridiques soulevés.

La discussion proprement dite est engagée à partir de citations imprimées sur des cartes qui présentent des avis contradictoires sur le clonage. Trois cartes sont tirées au sort dans la classe ou choisies par l'enseignant. Chaque élève note les arguments pour ou contre chaque citation. Ensuite, il en débat avec un autre élève pendant cinq minutes. Puis deux binômes se réunissent pour débattre pendant cinq minutes.

Les règles du jeu sont :

- aucun argument ne peut être enlevé au cours des mises en commun successives,
- si des arguments sont identiques, les élèves calculent leur fréquence,
- à l'issue des débats les quatre élèves de chaque groupe classent par écrit les arguments pour et contre,
- ils désignent un porte parole, une mise en commun des arguments des différents groupes est alors réalisée et un débat est animé par l'enseignant.

À l'issue du débat, la classe vote sur la poursuite des recherches sur le clonage animal. Chaque élève exprime un seul avis parmi les suivants : interdiction sous peine de sanction, interdiction, suspension, autorisation, suppression des financements publics.

♦ **Le débat sur le dépistage génétique comprend trois étapes :**

- 1. faire émerger des réactions individuelles ;

- 2. échanger, comparer et mettre à l'essai les idées en groupes ;
- 3. déterminer son propre avis et s'engager dans une réflexion métacognitive.

On passe graduellement de l'étape 1 à l'étape 2. Dans chaque étape, deux activités d'acquisition de connaissances ont été prévues. Le processus de formation d'opinion a été structuré par des feuilles de travail pour des groupes d'échanges écrits et oraux afin d'engager une réflexion métacognitive. Les feuilles aident les élèves à s'engager pleinement dans la discussion du problème, à prendre systématiquement les avantages et les inconvénients en considération, à respecter les points de vue des autres et à devenir conscients des valeurs en jeu et de l'utilisation de l'information. Le rôle actif de l'enseignant est réduit. La décision de remettre la détermination de sa propre opinion jusqu'au devoir final devrait permettre aux élèves de garder un esprit ouvert.

### ***Étape 1a (35 min)***

Regarder la vidéo « C'est dans les gènes » consistant en deux documentaires de 15 minutes chacun. Le premier évoque un père et ses trois fils qui sont confrontés à la maladie d'origine génétique de leur père, un cancer de la glande thyroïde. Dans le second, une fille apprend qu'il existe dans sa famille un cas de cancer du sein d'origine génétique. On annonce aux garçons et à la fille qu'il peut exister un risque mais qu'en passant un test d'ADN, ils connaîtront leur statut génétique et des mesures préventives pourront être prises. La vidéo montre le processus personnel de prise de décision des adolescents. Immédiatement après avoir regardé la vidéo, les élèves doivent remplir individuellement leur première feuille de travail.

### ***Étape 1b (30 min)***

Compléter la deuxième feuille de travail en groupes de quatre élèves (mixtes de préférence). Un échange écrit est provoqué par une question concernant les avantages et les inconvénients des tests ADN. Chaque membre du groupe réagit par écrit, puis place ensuite sa feuille au centre du groupe et chaque participant réagit alors en écrivant une appréciation sur ce qui a été écrit par les autres. En repliant la feuille de façon à cacher le texte de chaque réaction écrite, les participants ne peuvent pas lire les appréciations précédentes. Quand chaque membre du groupe a réagi, celui à qui appartient la feuille doit la déplier et commenter les réactions à sa réponse initiale. Cette technique de groupe permet à chaque membre d'avoir une opportunité égale d'exprimer et de commenter des idées (Moore, 1987).

### ***Étape 2a (30 min)***

Prolongation par un échange oral structuré autour de quatre questions supplémentaires au sein du même groupe (feuille de travail n° 3). Les élèves sont ainsi obligés de prendre en considération les conséquences d'un choix. Si une tierce personne est impliquée, les valeurs morales rentrent en jeu. S'interroger sur les valeurs sous-jacentes et exprimer les besoins en informations devraient favoriser la nécessité de justifier les opinions.

### ***Étape 2b (30 min)***

Discussion de classe. Rapport des principaux résultats des discussions de groupes suivi des réponses aux besoins d'information. Clarification des valeurs et analyse éthique. C'est alors que l'enseignant entre en jeu. La séance plénière a pour but d'élargir et d'approfondir la discussion et d'expliquer également la stratégie pratiquée dans la formation d'opinions.

### ***Étape 3a (devoir à la maison)***

Réflexion individuelle de l'élève sur le processus d'acquisition de connaissances en complétant la feuille de travail n° 4 qui sert de compte rendu.

### ***Étape 3b (devoir à la maison)***

Écrire un essai sur les tests génétiques de prévoyance dans une perspective personnelle. Les élèves doivent définir et justifier leurs positions.

#### **♦ Le débat sur la fabrication d'oncosouris comprend onze consignes.**

##### 1. Identifiez la question

Tout d'abord, y a-t-il un dilemme ? Dans les dilemmes éthiques, il s'agit de trouver la meilleure solution quand aucune solution n'est complètement bonne.

##### 2. Identifiez le problème

Quel est le problème général dans ce cas ?

##### 3. Listez les faits

Quels sont les faits ?

##### 4. Énumérez les décisions possibles

Quelles sont les solutions possibles au problème ? Listez-en le maximum.

5. Faites votre choix

À quel groupe suivant souhaitez-vous appartenir ? Les chercheurs qui sont pour l'utilisation de souris transgéniques comme modèles de maladie. Les experts en éthique. Il doit maintenant y avoir deux groupes dans la classe travaillant séparément.

6. Étudiez les informations

Les informations suivantes vous sont données pour vous aider à prendre une décision informée : des animaux comme modèles de maladie, microinjection – une façon d'introduire un gène étranger chez une souris, les souris transgéniques et le cancer.

7. Prenez une décision

Retournez au point 4 et sélectionnez la décision qui vous semble raisonnable du point de vue de votre groupe, en gardant à l'esprit toutes les informations que vous avez reçues. En prenant cette décision, vous devez identifier quels principes vous acceptez et quels principes vous rejetez. Énumérez ces principes et écrivez-les. Ensuite, formulez votre décision de la façon suivante « je pense que la commission devrait décider que..., parce que... »

8. Engagez vous sur un principe

Trouvez quel principe est le plus important dans votre prise de décision.

9. Trouvez le support d'experts

À quels experts devriez-vous vous adresser à ce niveau ?

10. Considérez les alternatives

Dans quelles conditions pourriez-vous changer d'avis ?

11. Débat dans la classe

Chaque groupe expose les grandes lignes de ses réponses aux questions 6 et 10. Discutez les deux résultats et pourquoi ils sont différents.

On voit nettement que, même si ces cinq propositions décrivent toutes des situations de prise de décision informée et argumentée, elles diffèrent sensiblement en fonction des choix didactiques des concepteurs. Ils dévoilent ainsi leurs hypothèses d'apprentissage de la prise de décision argumentée. Résumons dans le tableau 2 suivant les procédures proposées.

Situations-débats	Jeu de rôle sur les Sumotoris	Débat sur les Sumotoris	Débat sur le clonage humain	Débat sur le dépistage génétique	Débat sur la fabrication d'oncosouris
Procédures	Préparation du jeu de rôle (acteurs et observateurs) ↓ Réalisation et observation du jeu de rôle ↓ Analyse du jeu de rôle et prise de décision individuelle argumentée	Réalisation du débat plénier ↓ Prise de décision individuelle argumentée	Réflexion individuelle ↓ Débat en binômes ↓ Débat entre deux binômes ↓ Débat plénier	Réflexion individuelle ↓ échange écrit par groupes de quatre ↓ Débat plénier ↓ Prise de décision individuelle argumentée hors école	Réflexion individuelle dirigée ↓ Débat dans les deux groupes d'acteurs (chercheurs et éthiciens) et prise de décision argumentée ↓ Débat plénier

Tableau 2 : Comparaison des procédures proposées

Essayons d'identifier à partir de cette analyse formelle les hypothèses dominantes qui sous-tendent chaque situation. Dans le jeu de rôle sur les Sumotoris, la contextualisation socioprofessionnelle permettrait aux élèves d'étudier toutes les facettes de l'argumentation. Dans le débat sur les Sumotoris, l'expression libre des élèves devrait favoriser l'expression de leur argumentation. Dans le débat sur le clonage humain, l'analyse crescendo de l'argumentation devrait étayer les raisonnements. Dans le débat sur le dépistage génétique, encourager une démarche méta-cognitive devrait favoriser la qualité de la prise de décision argumentée. Dans le débat sur la fabrication d'oncosouris, l'apprentissage d'une démarche éthique devrait favoriser la réflexion des élèves.

Selon les situations-débats, l'aboutissement de la stratégie est une prise de décision individuelle ou collective. Les élèves sont encouragés (ou pas) à identifier les principes (les valeurs) qui guident leur argumentation et les limites de leur raisonnement (par exemple par la question : à quelle(s) condition(s) pourriez-vous changer d'avis ?) Dans tous les cas, il y a alternance entre des phases individuelles et collectives. L'interaction sociale, tout comme la réflexion individuelle, sont, pour tous les concepteurs, incontournables.

Le jeu de rôle sur les Sumotoris comporte une spécificité : l'accent mis sur l'après-débat. Il s'agit de mettre en évidence les pas de raisonnement *a posteriori*, de permettre une réflexion distanciée, autrement dit de favoriser une démarche métacognitive et aussi « méta-affective ».

### 3. DIFFÉRENTS CADRES THÉORIQUES DE L'ARGUMENTATION ET LA JUSTIFICATION

L'argumentation a un rôle central en éducation scientifique (Kuhn, 1993). Selon Driver & Newton « *if science is to be taught as socially constructed knowledge then this entails giving a much higher priority than currently the case to discursive practices in general and to argument in particular* » (Driver & Newton, 1997). Plusieurs recherches récentes se sont intéressées à l'argumentation des élèves dans le domaine de ce que certains appellent les « nouvelles génétiques » (Lewis et al., 1999 ; Waarlo, 1998 ; Zohar & Nemet, 2000).

L'argumentation s'inscrit pour certains dans le champ de la communication moderne ; elle est alors issue de la rhétorique classique (Breton, 1996). D'autres l'étudient dans une perspective linguistique (Adam, 1992). D'autres encore l'abordent dans le cadre de l'enseignement des sciences ; et ce, à plusieurs niveaux : pour améliorer la compréhension conceptuelle, pour favoriser la compréhension de l'épistémologie des sciences, pour développer les compétences d'investigation (notamment dans les travaux pratiques), pour améliorer les prises de décision sur des questions socio-scientifiques (Driver & Newton, 1997 ; Geddis, 1991 ; Jiménez-Aleixandre et al., 2000a, 2000b ; Kuhn, 1993 ; Mortimer & Machado, 1999 ; Osborne, 1999 ; Solomon, 1992 ; Ratcliffe, 1996).

Une séparation, assez théorique, des différents moyens de convaincre distingue la manipulation, la propagande, la séduction, l'argumentation et la démonstration. En fait, on rencontre rarement de pures situations de séduction, ou d'argumentation, ou de démonstration. C'est d'ailleurs ce qui a fondé la rhétorique. Celle-ci, comme matière d'enseignement et même comme corps de savoir, a disparu en France, dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, des programmes scolaires et universitaires. Ce discrédit semble lié à l'affrontement entre une « culture de l'évidence », qui profite des avancées du scientisme et du positivisme, et une « culture de l'argumentation » (Breton, 1996). C'est dans les années soixante qu'un intérêt renaît pour la rhétorique du fait de la prise de conscience de l'importance de l'impact des techniques médiatiques. Blanché, en 1967, dans son *Introduction à la logique contemporaine* déclare que « *l'évidence ne garantit plus la validité* ».

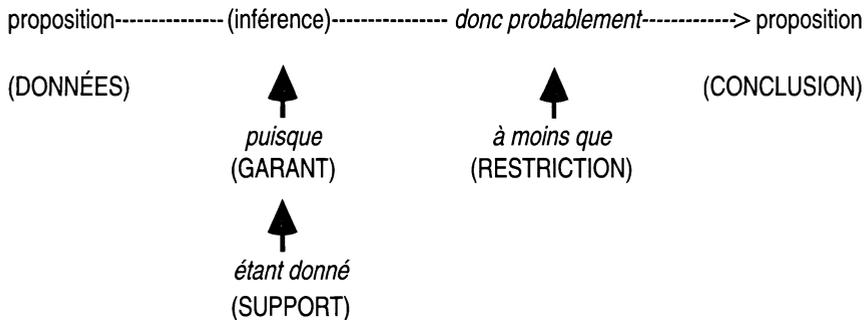
Perelman & Olbrechts-Tyteca (1958) dans leur traité de l'argumentation et Breton (1996) ont étudié le contenu et le contenant des arguments. Ils ont proposé des typologies d'arguments.

Une nouvelle approche en didactique des sciences discute le rôle de la rhétorique dans l'enseignement et l'apprentissage (Mortimer &

Machado, 1999 ; Osborne, 1999 ; Martins, 1999). Elle émerge, de l'analyse des observations en classe où l'on se rend compte que les échanges dialogués font appel à bien plus que de la démonstration ou de l'explication. Ces travaux sur la rhétorique des sciences analysent, entre autres, les stratégies d'argumentation et les procédures sociales de validation du savoir scientifique. Osborne (1999) s'étonne du peu d'intérêt accordé par les didacticiens des sciences à la rhétorique et à l'argumentation qui sont pourtant au cœur de la pratique des sciences. Selon Geddis (1991), Driver et al., (1996), cette omission significative a un grand impact sur l'enseignement des sciences qui a tendance à favoriser une impression fautive de la construction des savoirs scientifiques. L'évolution des sciences se fait à travers les débats et les conflits. Il s'agit de comprendre le rôle de la controverse dans les sciences contemporaines et sa fonction rhétorique dans la gestion de l'incertitude (Osborne, 1999). L'enjeu de l'étude de l'argumentation en didactique des sciences est aussi de favoriser chez les élèves la construction d'un regard critique sur les déclarations scientifiques faites sur les conséquences des applications biotechnologiques.

Des recherches sur l'argumentation en didactique des sciences s'appuient aussi sur les travaux en linguistique. Toulmin (1958) a proposé un schéma de l'argumentation, qui a servi de support à des recherches en didactique des sciences (Jiménez-Aleixandre et al., 2000a, 2000b ; Kelly et al., 1998). Driver & Newton (1997) en ont montré les limites, notamment la non-prise en compte de la situation dialogique. Plus récemment Adam (1992) a défini, à partir du cadre théorique d'une typologie séquentielle des textes, différents prototypes : ceux des séquences narrative, descriptive, argumentative, explicative et dialogale.

Voyons comment est définie la séquence argumentative prototypique par Adam (1992). Le schéma de base de l'argumentation est une mise en relation de *données* avec une *conclusion*. Cette mise en relation peut être implicitement ou explicitement fondée (par le *garant* et le *support*) ou contrariée (par la *réfutation* ou l'*exception*).



Le bon lecteur ou le bon interlocuteur, guidé par les indices linguistiques, attend une argumentation<sup>1</sup>. En effet, du point de vue du traitement cognitif de textes, la maîtrise des représentations schématiques prototypiques, progressivement élaborées par les sujets au cours de leur développement, semble avoir des conséquences sur le stockage des informations traitées en cours de compréhension d'un discours et sur la recherche des blocs d'informations par stratégies d'anticipation (Adam, 1992).

L'étude du texte argumentatif est un nouvel objet d'enseignement en français langue maternelle au lycée. L'importance qui lui est accordée est liée à une finalité sociale, notamment la réflexion sur la citoyenneté. Mais elle n'est pas, ou peu, relayée dans l'enseignement des sciences. De plus dans l'enseignement du français, la détermination des objets d'enseignement a été opérée par un découpage dans les théories descriptives de référence, sans que soit posé le problème des valeurs, pourtant essentiel dans l'étude de l'argumentation (Garcia-Debanco, 2000).

Nous avons analysé les argumentations développées avant et après le jeu de rôle et le débat sur les Sumotoris. L'étude de la structure argumentative des discours et l'identification des domaines de référence où sont puisés les arguments des élèves ne nous ont pas permis de donner sens à l'ensemble des données recueillies. C'est pourquoi nous avons eu recours au cadre théorique construit par Boltanski & Thévenot (1991) développé dans leur ouvrage intitulé « *De la justification. Les économies de la grandeur* ». La théorie des économies de la grandeur, encore appelée la sociologie de la justification ou l'économie des conventions, est un courant récent et encore en cours de construction qui commence à marquer de nombreuses recherches à la fois en sociologie et en économie.

Pour ces auteurs, il existe plusieurs « mondes » d'action dans lesquels les personnes mobilisent des compétences pour faire face à des engagements, ce qui implique que l'action humaine se structure autour des principes de justifications, d'engagements et de critiques. La sociologie de la justification est une sociologie de la discussion et du débat. L'important dans les processus de justifications, c'est l'allocation « d'états de grandeur » aux objets débattus. Une convention peut s'établir entre les personnes en présence lorsqu'un accord sur les états de grandeur est trouvé.

Une question centrale dans les différentes recherches qui s'appuient sur cette nouvelle théorie est d'identifier comment, en univers incertain, s'établissent les conventions entre les acteurs. Les concepts de l'économie des conventions ont également été utilisés dans le cadre de problématiques liées à l'amélioration animale (Vissac & Vallerand, 1993). Ce type de recherche met en relief les liens entre l'acceptation d'une innovation

(l'application d'une nouvelle biotechnologie, par exemple) par une société et l'incertitude engendrée par le changement d'une convention liant les rapports entre les individus. « *La gestion, acceptée ou non, de cette incertitude est la clé du transfert de technologie* » (Vissac & Vallerand, 1993).

Pour établir des accords sur l'état de grandeur reconnu aux objets sociologiques, les sociétés se sont basées sur les métaphysiques politiques qui s'appuient sur la philosophie politique et la physique politique. La philosophie politique permet de mettre en évidence les valeurs (ou états de grandeur) reconnues par la société. La physique politique érige les règles et les lois consignées dans ce que les auteurs nomment la « grammaire politique » et qui définissent un ordre dans chaque cité. Pour identifier les règles des différentes cités, Boltanski & Thévenot renouent avec la « tradition topique » (topoi : les lieux) et avec la place accordée à la rhétorique (connaître l'endroit où se trouvent les arguments) définie par Platon, Cicéron et Aristote. Ils puisent dans les « textes canoniques » qui constituent pour eux les philosophies politiques des différentes cités.

## **Les cités et les mondes**

Boltanski & Thévenot tentent de définir les différentes cités, sans prétendre à l'exhaustivité. Une cité répond à un ensemble de conventions et de règles, reconnues par l'ensemble de ses membres. La cité est un modèle théorique construit à partir d'ouvrages classiques de philosophie politique. La notion de « monde commun » fait le lien entre le niveau de la réflexion philosophique et politique et le niveau pragmatique de l'action.

### ***Le monde de l'inspiration***

La philosophie politique de référence de la cité inspirée est identifiée dans l'œuvre de Saint-Augustin. La grandeur réelle repose sur la grâce (la foi), elle est opposée à la recherche de la gloire, de la renommée ou de toute autre dépendance humaine. L'imaginaire, le mystérieux, l'originalité, l'invisible sont les états de grandeur les plus reconnus dans cette cité.

### ***Le monde domestique***

La philosophie est tirée des écrits de La Bruyère et de Bossuet. Les règles sont fondées sur la réputation, la coutume, l'accumulation progressive des qualités par apprentissage et proxémique. La fidélité temporelle des relations, la bienveillance et la confiance fondent les accords dans la cité domestique.

### ***Le monde de l'opinion***

La grandeur d'une personne est établie par l'opinion des autres. Boltanski & Thévenot s'appuient ici sur les écrits de Hobbes qui se consacra à la définition de l'honneur. La réalité de la grandeur d'un individu n'est pas remise en cause lorsqu'elle est reconnue par autrui, « la célébrité fait la grandeur ».

### ***Le monde civique***

Les auteurs se réfèrent au Contrat social de Rousseau. La souveraineté de l'ensemble de la cité est désincarnée et dépend de la volonté de l'ensemble des membres. La valeur des individus réside dans la participation à un être collectif de grandeur supérieure. La valeur collective est instrumentée et dépasse les intérêts particuliers, la démocratie est la forme de grandeur la plus appropriée.

### ***Le monde marchand***

L'état de grandeur est mis en évidence au travers de l'œuvre d'A. Smith. La compétition, la concurrence entre les acteurs économiques, grâce aux marchés, permet une utilisation optimale des ressources et concourt ainsi au bien général de la société. Le profit est légitimé, toute entrave à la libre circulation est bannie. L'évaluation de la qualité se fait au travers des prix.

### ***Le monde industriel***

Développée par Saint-Simon, la philosophie politique de la cité industrielle définit l'utilité comme la réponse à la satisfaction des besoins. L'état de grandeur reconnu est basé sur la performance, la méthode, etc. Il y a prépondérance des immobilisations matérielles. Les modes opératoires sont fortement instrumentés et une place importante est réservée aux réglementations, aux normes et aux contraintes techniques. La standardisation de la qualité est au cœur du monde industriel.

### ***Le conflit des mondes***

« *Chaque personne doit affronter quotidiennement des situations relevant de mondes distincts, savoir les reconnaître et se montrer capable de s'y ajuster. On peut qualifier ces sociétés de complexes.* » (Boltanski & Thévenot, 1991). Les individus sont obligés, en fonction des situations auxquelles ils sont confrontés ou dans lesquelles ils sont engagés, d'évoluer

d'une cité à une autre, ils peuvent reconnaître ainsi plusieurs états de grandeur. Il est donc possible de contester une action ou une situation en fonction d'un principe de grandeur jusqu'alors non pris en compte. Le différend intervient lorsqu'il n'y a pas de reconnaissance commune d'état(s) de grandeur. La « *réalité* » n'est donc pas reconnue et perçue de la même manière par les protagonistes. Les individus sont ainsi soumis à des contraintes de justification, aux critiques relevant de différents mondes et auxquelles ils doivent faire face. Pour dépasser les différends, les individus peuvent établir un compromis entre différents états de grandeur. Le compromis repose sur un arrangement entre les protagonistes, sur des convenances réciproques sans qu'il y ait reconnaissance commune d'un état de grandeur commun. L'impératif de justification pour forger un jugement doit donc être resitué dans l'action et exige de la tolérance, non comme valeur morale, mais comme condition pragmatique de fonctionnement et d'action.

Les conceptions des élèves sur les biotechnologies peuvent relever de différentes cités, ils peuvent leur reconnaître différents états de grandeur<sup>2</sup>. Les biotechnologies sont fortement sujettes à débat. Si en didactique de la biologie, l'identification de l'état de grandeur accordé à certains savoirs à enseigner (par exemple : la cellule) a peu de fondement, il n'en est pas de même pour d'autres thèmes, comme l'évolution, la sexualité, l'inné-l'acquis. C'est en revanche systématiquement le cas lorsque l'on s'intéresse à la didactique de savoirs biotechnologiques. L'identification des états de grandeur nous renseigne sur les soubassements des conceptions. Les didacticiens commencent à utiliser ce cadre théorique (Simonneaux, 1995 ; Clément & Hovart, 1999).

### 3. ANALYSE DE L'ARGUMENTATION DES ÉLÈVES AU SUJET DE LA MISE EN PLACE D'UN ÉLEVAGE DE SUMOTORIS

Les jeux de rôle et débat sur les Sumotoris ont été évalués dans des classes de 1<sup>re</sup> S. Le protocole expérimental est présenté dans le tableau suivant.

Jeu de rôle sur les Sumotoris	Débat sur les Sumotoris
Pré-test opinions sur les recherches sur les transgénèses animales.	Idem
Présentation de l'histoire de la domestication et de l'historique du transfert du gène de l'hormone de croissance.	Idem

Présentation du jeu de rôle. Expression écrite des élèves à propos de la mise en place d'un élevage de Sumotoris (opinions justifiées).	Présentation du débat Idem
Réalisation du jeu de rôle.	Réalisation du débat
Post-test opinions sur les recherches sur les transgénèses animales. Expression écrite des élèves à propos de la mise en place d'un élevage de Sumotoris (opinions justifiées). Les élèves précisent à quelle(s) condition(s) ils pourraient changer d'avis.	Idem Idem Idem

Tableau 3 : **Protocole expérimental**

Les opinions des élèves vis-à-vis des recherches sur les différentes transgénèses animales (pré-post test) se différencient en fonction du contexte et des applications envisagées par les recherches en cours. Les applications médicales sont les mieux acceptées, suivies par les applications vétérinaires. Les applications industrielles, c'est-à-dire agroalimentaires, sont rejetées.

Nous présentons ici l'analyse des justifications écrites des élèves avant et après le jeu de rôle ou le débat sur la mise en place d'un élevage de Sumotoris. Nous avons par ailleurs analysé les discours des élèves au cours des débats (Simonneaux, à paraître).

Nous avons comparé l'opinion des élèves vis-à-vis de la mise en place d'élevages de Sumotoris à celle exprimée sur les recherches menées pour l'obtention de Sumotoris. Comment analyser l'argumentation des élèves ? Différentes grilles ont été élaborées (Driver & Newton, 1997 ; Golder, 1996 ; Zohar & Nemet, 2000) et le sujet est loin d'être épuisé.

Dans ces grilles sont distinguées les déclarations sans justification et les déclarations fondées sur des justifications. C'est la justification développée que nous analysons et nous nous sommes fondée sur les théories de l'argumentation et sur la sociologie de la justification. Nous avons d'abord identifié les domaines disciplinaires de référence abordés par les élèves dans leurs arguments avant et après le jeu de rôle ou le débat. Il s'agit des domaines disciplinaires sur lesquels se fondent les *garants* des argumentations selon Adam. Des thématiques spécifiques, hors des champs disciplinaires, n'ont pu être traitées qu'à partir de l'identification des allocations de *grandeur* selon la théorie de Boltanski & Thévenot. Les domaines de référence et les états de grandeur ont été identifiés par deux juges (un spécialiste de l'éducation biotechnologique et un spécialiste des économies de la grandeur).

## 4.1. Opinions sur la mise en place d'un élevage de Sumotoris

### 4.1.1. Opinions avant et après le jeu de rôle

Avant le jeu de rôle, onze élèves sur dix-huit se déclarent opposés à la mise en place d'élevages de Sumotoris. Quinze se déclarent opposés aux recherches sur l'obtention de Sumotoris. Ceci laisse à penser que quatre élèves ayant dans leurs réponses débattus des avantages et inconvénients de la mise en place d'élevages de Sumotoris, sans donner une réponse conclusive explicite, sont en fait opposés à l'élevage de Sumotoris. Si les recherches sont rejetées, les applications le sont forcément. Le statut des recherches en biotechnologies questionne les élèves. Ils les distinguent des recherches fondamentales destinées à produire des connaissances nouvelles qui ne sont pas forcément applicables ; il s'agit pour eux de recherches finalisées dont la vocation est d'être appliquées un jour. Nous observons le même phénomène après le jeu de rôle.

Opinions des élèves sur les recherches sur le Sumotori avant le jeu de rôle	Opinions des élèves sur la mise en place d'un élevage de Sumotoris avant le jeu de rôle	Opinions des élèves sur les recherches sur le Sumotori après le jeu de rôle	Opinions des élèves sur la mise en place d'un élevage de Sumotoris après le jeu de rôle
15 contre 1 non réponse  N = 18	11 contre 5 débattent du pour et du contre 2 sont pour sous condition 1 non réponse N = 18	13 contre 3 non réponses  N = 16	11 contre 1 débat du pour et du contre 4 sont pour sous condition 3 non réponses N = 16

Tableau 4 : Opinions des élèves avant et après le jeu de rôle

Dans ce tableau 4, c'est le nombre d'élèves qui a exprimé telle ou telle opinion qui est repris. Ce ne sont pas forcément les mêmes élèves avant et après les situations-débats. Ainsi, trois élèves changent d'avis sur la mise en place d'élevages de Sumotoris. Voyons quels rôles jouaient ceux qui ont changé d'avis : un observateur se déclare contre après le jeu de rôle, alors qu'avant il débattait des avantages et inconvénients ; l'élève qui jouait Yann Le Goff, le pisciculteur désireux de créer un élevage de Sumotoris, était contre avant le jeu de rôle, il se déclare pour sous condition ensuite (est-ce lié au rôle qu'il a joué ?) ; et enfin celui qui a joué le rôle du gastronome opposé à l'élevage de Sumotoris ne pèse plus le pour et le contre après le jeu de rôle, il se déclare alors contre.

### 4.1.2. Opinions avant et après le débat

Avant le débat, dix élèves sur dix-sept se déclarent opposés à la mise en place d'élevages de Sumotoris. Quatorze se déclarent opposés aux recherches sur l'obtention de Sumotoris. Ceci laisse à penser que quatre élèves ayant dans leurs réponses débattus des avantages et inconvénients de la mise en place d'élevages de Sumotoris, sans donner une réponse conclusive explicite, sont en fait opposés à l'élevage de Sumotoris. Nous observons le même phénomène après le débat.

De plus, après le débat, quatorze élèves se déclarent franchement opposés à la mise en place d'un élevage de Sumotoris.

Opinions des élèves sur les recherches sur le Sumotori avant le débat	Opinions des élèves sur la mise en place d'un élevage de Sumotoris avant le débat	Opinions des élèves sur les recherches sur le Sumotori après le débat	Opinions des élèves sur la mise en place d'un élevage de Sumotoris après le débat
14 contre  N = 17	10 contre 1 pour 2 débattent du pour et du contre 2 sont pour sous condition 2 contre sauf restriction N = 17	13 contre  N = 17	14 contre 1 pour 1 pour sous condition 1 contre sauf restriction  N = 17

Tableau 5 : Opinions des élèves avant et après le débat

Quatre élèves ont changé d'avis sur la mise en place d'élevages de Sumotoris.

C'est la première fois dans toutes les études que nous avons menées que nous observons des changements d'opinions. Nos résultats antérieurs n'étaient pas surprenants puisque les opinions sont difficilement ébranlables ; elles sont les soubassements des représentations sociales (Simonneaux, 1995, 2000a, 2000b). Avant et après diverses séquences d'apprentissage formelles ou informelles (visite d'exposition), nous avons jusqu'à présent toujours mis en évidence des appropriations de connaissances sans modification des opinions. Mais, dans ces situations, les élèves n'étaient pas amenés à débattre oralement. Peut-être, est-ce parce que c'est en exprimant des points de vue et en étant confrontés à des arguments contraires que les élèves clarifient leur pensée sur un sujet donné, comme l'affirment Barnes & Todd (1977) et Lewis et al. (1999) ? Ainsi, la stratégie didactique discussion en classe, qu'il s'agisse d'un jeu de

rôle ou d'un débat, semble porter ses fruits pour amener les élèves à développer des argumentations.

## 4.2. Domaines de référence des arguments

### 4.2.1. Avant et après le jeu de rôle

Les arguments des élèves se fondent sur ce que les linguistes désignent sous le terme de *garants*. Ces *garants* peuvent appartenir à différents domaines disciplinaires. Dans l'ensemble du corpus, nous avons sélectionné les arguments des élèves, puis nous les avons classés par domaines disciplinaires de référence. Il s'est agi d'une démarche itérative. Un certain nombre d'arguments n'a pu être rangé dans des domaines disciplinaires, nous y reviendrons.

Arguments	Avant le jeu de rôle	Après le jeu de rôle
Pour	Effets positifs d'ordre éthique (2) Effets positifs économiques (4) Effets positifs sur la santé humaine (1)	Effets positifs d'ordre éthique (2) Effets positifs économiques (2)
Contre	Effets négatifs sur la santé humaine (6) Effets négatifs économiques (6) Effets négatifs écologiques (8) Effets négatifs génétiques (1)	Effets négatifs sur la santé humaine (4) Effets négatifs économiques (4) Effets négatifs écologiques (8)

Tableau 6 : Nombre d'arguments dans différents domaines de référence avant et après le jeu de rôle

Les domaines disciplinaires supports des arguments sont : l'économie, l'écologie, la génétique, la médecine, l'éthique. Les domaines politiques, juridiques et professionnels sont absents.

### 4.2.2. Avant et après le débat

Les domaines disciplinaires supports des arguments sont : la science, l'économie, l'écologie, la politique, la médecine. Les domaines juridiques, éthiques, génétiques et professionnels sont absents (Tableau 7).

Arguments	Avant le débat	Après le débat
Pour	Effets positifs économiques (2) Effets positifs pour la science (2) Effets positifs écologiques (2)	Effets positifs économiques (1)
Contre	Effets négatifs sur la santé humaine (3) Effets négatifs écologiques (5) Effets négatifs économiques (13)	Effets négatifs sur la santé humaine (5) Effets négatifs écologiques (5) Effets négatifs économiques (11) Effets négatifs pour la science (1) Effets négatifs politiques (3)

Tableau 7 : Nombre d'arguments dans différents domaines de référence avant et après le débat

#### 4.3. Les mondes de référence des élèves au sujet de la mise en place de l'élevage de Sumotoris

En nous référant aux économies de la grandeur, nous avons isolé des déclarations des élèves les items révélateurs de l'état de « grandeur » alloué à la mise en place de l'élevage de Sumotoris. Nous pouvons ainsi identifier à quel « monde » ils se réfèrent pour justifier ou non la mise en place d'un élevage de Sumotoris. Des thématiques spécifiques (la Nature, la qualité, le patrimoine, le « dérangement social ») qui n'avaient pas pu être prises en compte à travers l'identification des argumentations par domaines disciplinaires de référence ont pu ainsi être analysées.

	Avant le jeu de rôle	Après le jeu de rôle
<b>Les mondes de référence</b>	Contre arguments du monde marchand (6) Arguments du monde civique (13) Arguments du monde de l'inspiration (5) Arguments du monde marchand (2) Arguments du monde industriel (2)	Contre arguments du monde marchand (8) Arguments du monde civique (12) Arguments du monde de l'inspiration (4) Arguments du monde marchand (2)

Tableau 8 : Mondes de référence des arguments des élèves avant et après le jeu de rôle

	Avant le débat	Après le débat
<b>Les mondes de référence</b>	Contre arguments du monde marchand (10) Arguments du monde civique (15) Arguments du monde de l'inspiration (1)	Contre arguments du monde marchand (10) Arguments du monde civique (11) Arguments du monde de l'inspiration (1) Arguments du monde marchand (1)

**Tableau 9 : Mondes de référence des arguments des élèves avant et après le débat**

Jiménez-Aleixandre et al. (2000a) ont démontré que l'argumentation des élèves sur des questions environnementales se distinguait de celle observée sur des sujets scientifiques plus conventionnels en ce sens que les élèves avaient recours à plusieurs arguments. Selon eux, il n'y a pas, dans ce domaine, d'argument unique de référence qui repose sur le point de vue de l'expert. Nous faisons la même constatation en ce qui concerne les questions biotechnologiques. De plus, ces auteurs mettent en évidence dans l'argumentation des élèves l'importance des valeurs (pragmatisme vs utopie, économie vs écologie, etc.) Leurs travaux se fondent sur le modèle de Toulmin (1958) pour analyser les arguments. Quant à nous, nous avons privilégié le cadre théorique de Boltanski & Thévenot (1991) pour analyser les valeurs sous-jacentes aux argumentations des élèves. Dans ces évaluations, nous avons observé, comme Jiménez-Aleixandre et al., la variété des arguments des élèves. Mais, ce n'est pas tant le nombre d'arguments qui a augmenté que la conviction du discours qui s'est développé. Les mêmes arguments sont plus étayés et affirmés avec plus de vigueur après débat. Nous faisons l'hypothèse que, dans une prise de décision engagée, les individus font appel à moins d'arguments : quelques arguments décisifs leur paraissant suffisants.

La qualité des arguments semble dépendre du contexte proposé, de l'application en question et de la stratégie didactique mise en œuvre (notamment en fonction des apports effectués relevant de plusieurs disciplines).

En se référant à la sociologie de la justification, nous avons identifié quatre mondes : les mondes marchand, civique, industriel et de l'inspiration. Les justifications du monde civique sont majoritaires. Dans le monde civique, c'est l'intérêt collectif qui prédomine dans le respect des formes légales. Les justifications du monde civique recouvrent pour partie les préoccupations médicales. Elles portent aussi sur d'autres thèmes : la prise en compte des pauvres, le bien-être animal, la perte du patrimoine du village, le développement social du village, mais aussi le « *dérangement* » de la

population (« *la population pourrait être dérangée par cet élevage, la région est troublée par ce personnage* »), le chômage (« *il faut mieux faire travailler des centaines de personnes en plus* » ; « *et les petits éleveurs ?* »), le problème crucial de la préservation de la qualité, l'information des consommateurs et la nécessaire mise en place de tests et de contrôles.

Le monde marchand est surtout mobilisé en termes d'opposition. Dans ce monde, la compétition, la concurrence entre les acteurs, grâce aux marchés, permet une utilisation optimale des ressources. Le profit est légitimé. Les élèves y puisent leurs contre arguments. Les arguments marchands qui pourraient leur être opposés sont dénoncés d'emblée, pour couper court au débat, dans une logique rhétorique. « *Certes, il va apporter beaucoup d'argent, mais il va entraîner la faillite des petits poissonniers et des pêcheurs* ». « *Des coûts élevés suite à l'installation de l'élevage risqueraient de faire plonger l'éleveur à cause des dettes ; et une baisse de prix due à la banalisation serait à craindre* ».

Le monde de l'inspiration est le monde du sacré. Il s'inscrit ici dans les références à la Nature. La mise en place de l'élevage de Sumotoris porte atteinte à la Nature. L'homme se considère comme un démiurge. Les techniques inventées par l'homme pour servir ses besoins, sa culture vont entraîner un déséquilibre irréversible de la Nature. Il ne faut pas contrarier la Nature, sans l'intervention de l'homme, elle s'équilibre harmonieusement. La Nature, c'est l'évolution des espèces qui se sont adaptées sous l'influence du hasard à un environnement donné. Or, le monde est dominé par l'homme et sa culture, l'adaptation des espèces se fait sous son contrôle. Il s'agit de maîtriser artificiellement le vivant, d'affirmer l'homme au centre du monde contrôlant la vie de la planète ; c'est l'envie de devenir Dieu, c'est la tentation de l'eugénisme, c'est adapter la Nature aux contraintes culturelles, sociales et économiques. Il s'agit ici d'un registre mythique, déjà relevé par Davallon (1991) dans l'étude des représentations de la chimie, qui échappe à la logique scientifique et s'apparente à ce que l'on pourrait appeler une « terreur sacrée ». Maîtriser le vivant, c'est tenter de gérer l'aléatoire, utiliser des techniques pour maîtriser le désordre et sa propre angoisse sur la vie et la mort.

Les justifications du monde industriel sont très minoritaires. Dans ce cas, l'état de grandeur reconnu est basé sur la performance, la méthode. L'investissement relève du progrès.

Les préoccupations écologiques s'expriment en termes scientifiques (biodiversité, d'écosystème) ou bien en termes plus communs (la Nature). Comment convient-il de les classer ? Dans le monde civique ou dans celui de l'inspiration ? Dans un autre monde ? Nous avons répertorié les justifications en termes de biodiversité et d'écosystème dans le monde civique et celles liées à la nature dans le monde de l'inspiration. Mais, peut-

être faut-il s'interroger sur l'émergence d'un nouveau monde, à ajouter aux mondes définis par Boltanski & Thévenot, où s'expriment de nouvelles demandes sociales en matière d'environnement, un monde « écologique » ? Latour (1995) a questionné l'existence de cette septième cité, celle de l'écologie. Tout d'abord, il conclut que la cité de l'écologie était soluble dans les autres cités. Mais, en analysant non plus ce que l'écologie politique dit d'elle-même, mais sa pratique, il montre l'existence de la cité de l'écologie à qui fait défaut un « texte canonique » qui parlerait de science et de politique.

Nous faisons là aussi l'hypothèse que les principes de justification des élèves dépendent du contexte, de l'application et de la stratégie proposée. Les situations ne sont bien évidemment pas neutres.

## 5. CONCLUSION

Nous avons présenté en introduction les enjeux de cette analyse : proposer des outils permettant aux concepteurs et aux utilisateurs d'étayer leurs choix. Nous avons mené une analyse formelle des situations proposées, c'est-à-dire des scénarios qui décrivent dans le temps les tâches proposées aux élèves. D'une part, cette analyse formelle *a priori* ne peut prendre en compte les modifications que subiront les scénarios dans des situations scolaires (en amont des séquences d'enseignement, les utilisateurs-enseignants adaptent les supports proposés en fonction de leurs priorités, de leur personnalité, du fait qu'ils décident de travailler seul ou en pluridisciplinarité et au cours des séquences, ils ajustent les scénarios : là réside la richesse de la flexibilité de l'enseignement). D'autre part, il convient de préciser les conditions de conceptions et les conseils des concepteurs aux utilisateurs. Dans les modules de l'EIBE, même si des propositions d'organisation des séquences sont indiquées, les auteurs engagent les enseignants en introduction à adapter, transformer, amputer, etc., les modules. Si un minutage des tâches est proposé, c'est plus pour rassurer et donner des indications temporelles aux enseignants (toujours écartelés entre intérêts et temps disponible en fonction des programmes. Les collaborations pluridisciplinaires : sciences humaines et sciences expérimentales sont encouragées. Le scénario sur le clonage humain décrit ici est une des propositions parmi d'autres faites par l'auteur, qui encourage les enseignants à choisir et inventer. Quant au scénario sur le dépistage génétique, l'auteur précise pourquoi il l'a élaboré. L'alliance néerlandaise des groupes de soutien concernés par des troubles héréditaires et congénitaux (VSOP) a produit la vidéo incluse dans la situation décrite pour valoriser les résultats des tests génétiques de prévoyance (VSOP et Science productions, 1996). L'auteur a voulu corriger les insuffisances des matériaux écrits à destination des enseignants et des élèves en supplément de la

vidéo qui ne sont pas d'une grande aide pour donner forme à des démarches d'argumentation en classe.

En dernier lieu, il faut être conscient que, quelles que soient les stratégies et les situations proposées, la neutralité est illusoire. Les points de vue s'insinuent dans l'énonciation. C'est le propre de toute situation de communication. L'enjeu de ce type d'analyse est d'aider les concepteurs et les utilisateurs à prendre conscience de leurs choix et des formes qui les dévoilent ou les supportent.

## NOTES

1. L'orientation argumentative d'un discours peut être confirmée par l'analyse illocutoire, notamment par les micro-actes de langage (promettre, affirmer, questionner, etc.) et par les connecteurs argumentatifs (pourtant, mais, alors, etc.)

2. Je ne développerai pas ici une analyse détaillée des rapports entre conceptions, représentations sociales et opinions. Une synthèse de ces points de vue théoriques figure dans Simonneaux (2001).

## BIBLIOGRAPHIE

- ADAM J.-M. (1992). *Les textes : types et prototypes*. Paris, Nathan - Université.
- BARNES D. & TODD F. (1997). *Communication and learning in small groups*. London, Routledge & Kegan Paul.
- BLANCHÉ R. (1967). *Introduction à la logique contemporaine*. Paris, PUF.
- BOLTANSKI L. & THÉVENOT L. (1991). *De la justification. Les économies de la grandeur*. Paris, Gallimard.
- BRASSART D.G. (1987). *Le développement des capacités discursives chez l'enfant de 8 à 12 ans : le discours argumentatif (étude didactique)*. Thèse pour le Doctorat de Sciences Humaines, Université de Strasbourg.
- BRETON P. (1996). *L'argumentation dans la communication*. Paris, La Découverte.
- CLEMENT P. & HOVART S. (1999). Environmental Education : analysis of the didactic transposition and of the conceptions of teachers. In H. Bayrhuber & A. Mayer (Éds), *State of the art of empirical research on environmental education*, pp. 83-99.
- DAVALLON J. (1991). *Étude en vue de l'élaboration d'un cahier de programmation muséale pour l'archimium de Saint-Fons*.
- DRIVER R. & NEWTON P. (1997). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Paper presented at the ESERA Conference, 2-6 September, 1997, Rome*.
- DRIVER R., LEACH J., MILLAR R. & SCOTT P. (1996). *Young people's images of science*. Milton Keynes, Open University Press.
- GARCIA-DEBANC C. (2000). La question de la référence en didactique du français langue maternelle. In A. Terrisse (Éd.), *Didactique des disciplines – Les références au savoir*. Paris, De Boeck, pp. 77-94.

- GEDDIS A. (1991). *Understanding Scientific Reasoning*. Fort Worth, Holt, Rinehart & Winston.
- GOLDER C. (1996). *Le développement des discours argumentatifs*. Paris, Delachaux et Niestlé.
- HARMS U. (1997). *Les oncosouris, in Unit 11 Les animaux transgéniques*, <http://www.EIBE.rdg.ac.uk/>
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M.P., PEREIRO MUNOZ C. & AZNAR CUADRADO V. (2000a). Promoting reasoning and argument about environmental issues. *Research in Didaktik of Biology*, pp. 215-230.
- JIMENEZ-ALEIXANDRE M.P., BUGALLO RODRIGUEZ A. & DUSCHL R.A. (2000b). « Doing the lesson » or « Doing science » : Argument in High School Genetics. *Science Education*, n° 84, pp. 757-792.
- KELLY G.J., DRUKER S. & CHEN C. (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessment with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, n° 20, pp. 849-871.
- KHUN D. (1993). Science argument : Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, vol. 77, n° 3, pp. 319-337.
- LATOUB B. (1995). Moderniser ou écologiser ? À la recherche de la « septième » cité. *Écologie politique*, n° 13, pp. 5-27.
- LEWIS J., LEACH J. & WOOD-ROBINSON C. (1999). Attitude des jeunes face à la technologie génétique. In L. Simonneaux (Éd.), *Les biotechnologies à l'école*. Dijon, Educagri éditions, pp. 65-95.
- MARTINS I. (1999). *Rhetorical devices in science communication : examples for science textbooks*. Paper presented in the ESERA Conference, Kiel.
- MOORE C.M. (1987). *Group techniques for idea building, Newbury Park*. London, New Delhi, Sage.
- MORTIMER E.F. & MACHADO A.H. (1999). *Mediational tools and discourse interactions in science classrooms*. Paper presented in the ESERA Conference, Kiel.
- OSBORNE J. (1999). *Promoting rhetoric and argument in the science classroom*. Paper presented in the ESERA Conference, Kiel.
- PERELMAN C. & OLBRECHTS-TYTECA L. (1958). *Traité de l'argumentation. La nouvelle rhétorique*. Bruxelles, Éditions de l'Université de Bruxelles.
- RATCLIFFE M. (1996). Adolescent decision-making, by individual and groups, about science-related societal issues. In G. Welford, J. Osborne & P. Scott (Éds), *Research in science education in Europe : current issues and themes*. London, Falmer.
- ROBERT A. (1999). Situations-problèmes : théorie et pratique en classe de mathématiques, In C. Fabre & E. Triquet (Coord.), *Actes du 2<sup>e</sup> colloque international des IUFM, Grenoble*. Grenoble, IUFM de Grenoble, pp. 55-86.
- SIMONNEAUX L. (1995). *Approche didactique et muséologique des biotechnologies de la reproduction bovine*. Thèse de doctorat, Université Lyon1.
- SIMONNEAUX L. (1997). *Les Sumotoris in Unit 11 Les animaux transgéniques*, <http://www.EIBE.rdg.ac.uk/>
- SIMONNEAUX L., DARREA., BORIN C. & GOUREAU A. (1997). Le Sumotori est-il un saumon fou ? ou Comment former les jeunes citoyens sur la transgénèse animale ? In A. Giordan, J.-L. Martinand & D. Raichvarg (Éds), *Actes des XIX<sup>es</sup> Journées Internationales sur l'Éducation et la Culture Scientifiques et Industrielles, Chamonix*, pp. 427-432.
- SIMONNEAUX L. (1999). *Clonage et transgénèse de l'animal à l'homme ?* Dijon, Educagri éditions.
- SIMONNEAUX L. (2000a). Conceptions and attitudes of students, experts and inexperienced adults about animal reproduction biotechnologies. In H. Bayrhuber, W. Garvin & J. Grainger (Éds), *Teaching Biotechnology at School*, Kiel, EIBE, pp. 81-87.

- SIMONNEAUX L. (2000b). Students' views after the birth of Dolly the sheep. *Research in Didaktik of Biology*, pp. 135-154.
- SIMONNEAUX L. (2001). *Didactique et éducation biotechnologique*. Note de synthèse pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Rouen.
- SOLOMON J. (1992). The classroom discussion of science-based social issues presented on television : knowledge, attitudes and values. *International Journal of Science Education*. vol. 14, n° 4, pp. 431-444.
- TOULMIN S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, Cambridge University Press.
- VISSAC B. & VALLERAND F. (1993). Amélioration animale et biotechnologies en élevage des ruminants. *Cahiers Agricultures*, n° 2.
- VSOP ET SCIENCE PRODUCTION (1996). *Video « In the Familie »*. Soestdijk (Pays-Bas), Vredehostraat 31.
- WAARLO A. J. (1998). Teaching and learning of informed decision-making on predictive testing. A pilot study. In H. Bayrhuber & F. Brinkman (Éds), *What, why, how ? Research in didaktik of biology*. Kiel, IPN, pp.196-204.
- WAARLO A. J. (1999). Apprendre à se faire une opinion sur les tests d'ADN. In L. Simonneaux (Éd.), *Les biotechnologies à l'école*. Dijon, Educagri éditions.
- ZOHAR A. & NEMET F. (2000). *Fostering pupils'argumentation skills through bioethical dilemmas in Genetics*, *Research in Didaktik of Biology*. Göteborg, IPD, pp.181-190.

Cet article a été reçu le 15/06/00 et accepté le 6/03/01.

## BOOK REVIEWS

**BELAIR L.-M. (1999). *L'évaluation dans l'école – Nouvelles pratiques*. Paris, ESF, pratiques et enjeux pédagogiques, 125 p.**

Cet ouvrage de la collection « Pratiques et enjeux pédagogiques » est composé de trois parties qui contribuent à la présentation d'une alternative des pratiques de l'évaluation, grâce au dossier progressif ou portfolio. Les deux premières parties exposent les principes de cette technique ainsi que ses fondements philosophiques et pédagogiques. La troisième décrit la mise en œuvre de ce dossier progressif après un chapitre introductif qui récapitule les principes et arguments. Cette structure de l'ouvrage en permet l'entrée par cette dernière partie.

Fondamentalement écrit dans une perspective de rénovation des pratiques d'évaluation, l'ouvrage souhaite placer les évaluateurs et évaluatrices face à leurs façons de faire tout en mettant en évidence les contradictions qui les accompagnent. Les ruptures souhaitées sont fondées sur des enjeux que l'auteur précise dès l'introduction : projet démocratique de l'École et respect des personnes dans leurs différences, formation des citoyens et prise en compte d'un spectre large de compétences, adaptation de l'École aux nouveaux publics scolaires. Dans cette ambition « d'évaluer et de vivre ensemble », la première partie propose l'analyse des gestes d'évaluation à partir d'un tableau dans lequel s'opposent les modalités centrées sur l'enseignant ou l'élève d'une part et sur le processus et le produit d'autre part. Les commentaires de ces tendances des techniques et des pratiques mettent en lumière les modèles et les styles pédagogiques qui les sous-tendent ainsi que leurs fondements. La mise en question de l'évaluateur et de l'évaluatrice se poursuit en

mettant en évidence les ambiguïtés éventuelles de leur rôle pour les élèves soumis aux relations parfois contradictoires de l'aide et de la mesure. Ainsi est mise en évidence la tension entre un « outil de pouvoir » et un « geste d'équité » qui doit présider à l'intervention évaluatrice de l'enseignant.

La deuxième partie est guidée par la volonté d'indiquer les règles d'une évaluation assurant la complicité de l'élève et du maître dans une collaboration féconde. Sont ainsi mises en évidence les conditions de telles pratiques « d'évaluation authentique » transparentes, coopératives et attentives aux intelligences multiples des élèves et à leur activité métacognitive en tant que sujets dans le processus d'apprentissage. L'implication de l'élève, son engagement confiant dans ses progrès, dans son apprentissage et dans son évaluation supposent donc des modalités collaboratrices assurant un réel contrat négocié. Le principe du portfolio (porte feuilles de compétences) traduit en un dossier progressif est alors proposé comme moyen cohérent avec les principes précédents.

La troisième partie souhaite en ce sens expliquer la mise en œuvre d'un dossier progressif. De nombreux exemples illustrent les 9 étapes associées à l'intégration de cet outil d'apprentissage et d'évaluation, dans les pratiques scolaires : détermination des compétences, identification des habiletés, conception du sommaire, choix du type de production, construction des critères d'évaluation, constitution physique du dossier progressif, élaboration des productions par les élèves, auto-évaluation et co-évaluation par les pairs, évaluation sommative. Convaincue de l'intérêt de cet outil, Louise Béclair n'occulte pas dans le dernier chapitre les difficultés et les résistances associées à son usage expérimenté en Ontario : freins de

l'institution, des enseignants, des parents et des élèves. Ces constats justifient le titre de la conclusion « À propos du changement que cela suppose dans l'école » qui dépasse largement le seul rapport au pouvoir exprimé au début du livre.

Pour L. Belair, être enseignant-médiateur du savoir, engagé dans une démarche où l'élève est au cœur du processus, suppose de penser l'acte pédagogique de manière radicalement différente. Mais pour elle, ce virage doit être amorcé par l'introduction de telles pratiques dans la formation des maîtres afin de repenser profondément les gestes et les expériences d'évaluation ainsi que leurs rites scolaires.

L'ouvrage est en ce sens une proposition et une invitation pour de nouvelles actions innovantes mais ne souhaite pas dicter une nouvelle norme ou fixer un discours doctrinal. Toutefois, une perspective historique et comparée des approches similaires dans l'enseignement général comme par exemple le «livre de vie» de Decroly, permettrait de mieux caractériser l'innovation proposée.

Au-delà de l'information qu'il donne de l'approche des problèmes contemporains dans les provinces du Canada, l'ouvrage invite à une réflexion sur les exigences de penser «l'évaluation dans l'école», ce que le titre annonce, au sein même des apprentissages. Tous les dispositifs d'aide se heurtent en effet à l'obstacle de l'évaluation sommative si la norme des programmes reste une norme de produit. Or ce rapport à la norme n'est pas mentionné dans l'ouvrage, ni dans les descriptions, ni dans les conditions de faisabilité. Le risque est alors grand de focaliser sur des compétences transversales laissant à l'écart les compétences notionnelles. Dans la perspective constructiviste choisie, quels sont les détours indispensables pour structurer les connaissances, et pour affronter les contenus qui font obstacle ? Quelles sont aussi les conditions pour faire saisir la joie d'apprendre au sens de Synders pour que l'aide aux apprentissages participe aussi à la délivrance que propose fondamentalement l'École ?

C'est bien dans cette perspective de réflexion pour de nouvelles pratiques que l'ouvrage est à recommander aux enseignants, aux

étudiants, aux parents et à tous ceux qui ont des responsabilités éducatives.

J. Lebeaume

---

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

---

Le travail de recherche présenté par Christian Buty porte sur l'étude d'activités de modélisation en optique par des élèves de Terminale, en option « Spécialité en Sciences Physiques ». Le thème étudié est celui de la formation des images optiques. Un ensemble de séquences d'enseignement sont construites, leur déroulement décrit finement et les effets produits sur les élèves avec une précision extrême. L'utilisation du logiciel Cabri-géomètre tient une place centrale dans cette construction.

Dans le premier chapitre, l'auteur parle des « activités de modélisation ». Après un premier point sur les concepts de théories et modèles du point de vue de l'épistémologie de la physique, leur construction et leurs relations avec le champ expérimental, C. Buty fait un tour d'horizon sur ce que l'on sait de l'élève pratiquant des activités de modélisation en présentant les travaux et positions des auteurs de référence en la matière. Il propose d'introduire le « modèle matérialisé » comme niveau intermédiaire entre le champ expérimental et le modèle : « *Dans la mesure où la physique, comme théorie, se fixe pour objectif d'interpréter la réalité, le sens des concepts de physique doit être cherché dans les relations qui peuvent s'établir entre le niveau des objets/événements et le niveau de la théorie/modèle. Si on fait abstraction de cette mise en correspondance des deux mondes, les relations entre concepts sont un jeu mathématique entre symboles. Or on constate que beaucoup de problèmes que rencontrent les élèves en physique peuvent être interprétés comme une difficulté à établir ces relations entre les deux mondes... Si on fait l'analyse que la différence entre les deux niveaux de modélisation est trop importante,*

*il peut sembler logique de diviser le grand pas que les élèves doivent franchir en deux ou trois pas plus petits, donc d'introduire un niveau intermédiaire. Ce niveau intermédiaire devra tenir un peu des deux niveaux : ce sera une représentation du modèle, mais elle aura un aspect matériel, réifié. D'où l'idée de constituer un « modèle matérialisé », qui soit une représentation du modèle de la physique qu'on souhaite voir mis en œuvre par les élèves, mais une représentation sensible et non conceptuelle, et même dans certains cas une représentation sur laquelle ils puissent agir ».*

Le deuxième chapitre permet à l'auteur d'indiquer le cadre théorique dans lequel il se place pour « *comprendre le fonctionnement des élèves et l'apprentissage* ». L'auteur se situe dans une approche générale de type socioconstructiviste, intégrant les apports de la didactique de la physique. La référence majeure est la théorie des situations didactiques qui se confirmera comme le cadre particulièrement adéquat pour traiter de cette question de recherche.

Dans le chapitre trois, s'appuyant sur les travaux antérieurs en didactique de la physique, C. Buty fait le point sur ce que l'on sait des idées initiales des élèves en optique géométrique et sur les propositions de séquences d'enseignement qui ont pu être étudiées. Le tour d'horizon est complet et confirme que ce domaine, même s'il a déjà fait l'objet de recherches, a été moins exploré que d'autres domaines de la physique.

Le chapitre quatre est consacré à « *choisir et adapter un dispositif informatique en vue d'une séquence d'enseignement* ». L'auteur y évoque l'usage de l'ordinateur en sciences physiques, analyse les quelques logiciels existant pour l'optique ; cette étude et une réflexion sur la question des micromondes lui permettent de justifier le choix d'utiliser Cabri-géomètre pour construire un « *modèle matérialisé informatisé* » pour l'étude de l'optique. Plusieurs pages sont consacrées à ce logiciel et amènent à définir Cabri-géomètre comme milieu didactique. Il s'agira alors de travailler sur les caractéristiques de la situation d'enseignement, sur l'usage du « *modèle matérialisé informatisé* » comme aide didactique à la pratique de la modélisation en optique et d'évaluer si le

milieu didactique construit autour de l'ordinateur favorise l'apprentissage.

Le chapitre suivant présente la méthodologie utilisée. Il s'agit de comprendre le cheminement d'un élève au cours de son apprentissage, étude de cas de longue durée englobant la totalité d'un enseignement d'optique géométrique. Cela nécessite de construire un enseignement de cours-TP permettant cette observation, tout en respectant les contraintes institutionnelles du travail dans une classe réelle, du respect des programmes officiels et de la préparation au baccalauréat ! Pour ce faire, l'auteur se constitue une base de données d'une très grande richesse à partir de deux types d'enregistrements vidéos :

- l'intégralité des actions et échanges de deux élèves, aussi bien devant le dispositif expérimental que devant l'ordinateur ;
- les interventions de l'enseignant en direction de la classe ou de la paire d'élèves (interventions directes, au tableau, sur l'écran de projection, etc.)

Ces deux fois treize heures d'enregistrement sont étudiées grâce à deux méthodes d'analyse :

- *l'analyse catégorielle des activités de modélisation* (CBAV) permet de repérer la mise en œuvre des connaissances à travers les productions verbales d'un élève. En découpant et codant les enregistrements observés (échantillonnage de l'ordre de 30 secondes), l'auteur construit ainsi environ 1400 séquences courtes codées révélant, à partir des productions verbales, les types de connaissances en jeu. Celles-ci sont présentées sous une catégorisation très pertinente pour suivre les activités de modélisation : relation au *monde des objets/événements*, au *monde de la théorie physique*, relations entre ces deux mondes, caractéristiques du modèle matérialisé, relation du modèle matérialisé avec ces deux mondes, connaissances mathématiques, etc. Ceci est analysé en contrepoint des ressources utilisées par la paire d'élèves (l'enseignant, la calculatrice, une tierce personne, l'environnement papier-crayon, le modèle informatisé, etc.) ;
- *l'analyse qualitative* est une méthode classique fondée sur la transcription des

activités verbales et gestuelles. Un codage des paroles et des gestes est proposé, ainsi qu'un découpage permettant de périodiser les séquences en *situations*, *épisodes*, *étapes*. Un descriptif très précis et fiable de l'activité de l'élève observé est ainsi proposé.

Ceci permet, à partir d'une base de données d'une très grande richesse, de constituer des résultats d'une exceptionnelle précision. Certes, cette méthodologie est lourde, peu aisée à mettre en œuvre ; le dépouillement nécessite un travail très important ; mais le résultat est indéniablement à la hauteur de l'investissement personnel du chercheur. La précision et l'acuité de l'analyse obtenues amènent à populariser cette méthodologie.

Dans le chapitre sept, l'auteur décrit la construction de la séquence d'enseignement. Partant des références au savoir savant, il présente les choix transpositifs découlant des contraintes institutionnelles de la classe et de l'examen, des hypothèses émises sur l'apprentissage de l'optique et les acquis antérieurs des élèves. Il en ressort une séquentialisation des situations qui est fortement construite et pensée. Les relations entre champ expérimental, modèle matérialisé et modèle physique sont étudiées avec soin. Les choix de réductions sont présentés, les risques éventuels mentionnés. Sans que cela ne constitue pleinement une analyse *a priori* (d'ailleurs l'auteur ne qualifie pas ainsi cette partie de son travail), il s'agit là d'un travail solide d'élaboration de ce qui doit être à la fois une séquence d'enseignement en situation de classe et un objet de recherche.

Le chapitre huit présente l'analyse des activités de modélisation à partir des résultats obtenus par les deux méthodes présentées. La méthode « CBAV » montre de façon frappante que, lorsqu'il travaille sur le modèle matérialisé informatisé, l'élève met en œuvre un plus grand nombre de connaissances (nombre et types de connaissances) que lorsqu'il manipule le matériel expérimental. Ce sont surtout les entités relatives à la théorie physique qui sont mobilisées pendant que l'élève utilise l'ordinateur, alors qu'elles ne le sont pas quand il manipule le matériel expérimental. En revanche, la liaison avec les objets du monde réel est rarement faite quand l'élève travaille sur ordinateur. En fait, suivant

les situations mises en œuvre, les résultats sont différenciés : ce lien entre monde des *objets/événements* et monde de la *théorie/modèle* est favorisé quand l'ordinateur est utilisé avant l'expérience, de façon prédictive. L'analyse qualitative confirme que le modèle matérialisé informatisé construit à partir de Cabri-géomètre est une aide efficace qui permet à l'élève un accès facilité aux concepts et aux représentations propres au monde de la théorie physique. Elle confirme aussi que les liens avec le *monde des objets et des événements* est plus difficile à établir. Ces deux aspects apparaissent dans les deux études. Quand la relation modèle matérialisé/théorie physique se fait, c'est qu'elle est exigée par la situation ou par les consignes du maître. Elle ne se fait pas par un mouvement spontané de l'élève mais est suscitée. Si l'auteur semble quelque peu déçu par ce fait, il faut reconnaître que l'élève est alors capable de faire ce que l'on attend de lui, ce qui est loin d'être le cas dans les situations ordinaires !

Le dernier chapitre suit de façon précise l'évolution des conceptions de l'élève et l'impact de l'apprentissage qui se développe. Les données disponibles et les méthodes d'analyse permettent un suivi, situation par situation, des avancées, des hésitations, des reculs momentanés de l'élève. Tout cela est très précis et très convaincant, preuve encore de la puissance et de l'intérêt de la méthodologie utilisée. Le résultat principal est que ressort en fait une grande stabilité dans les conceptions de l'élève à propos de la formation des images en optique ! Mais cela ne doit pas masquer les progrès réels et importants effectués tout au long de la séquence. Enfin, le rôle du modèle matérialisé comme organisateur du milieu didactique est bien exhibé.

En conclusion, on peut dire sans hésiter qu'il s'agit là d'un travail important, de qualité, qui apporte des vues nouvelles sur les conditions d'apprentissage de l'image optique. Il propose une séquence d'enseignement qui peut être opérationnalisée par les enseignants. Il montre l'utilité du modèle matérialisé informatique bâti avec Cabri-géomètre pour aider les élèves à mettre en œuvre des activités de modélisation. La méthodologie utilisée se révèle être d'une puissance

certaine et mérite d'être diffusée. Certes, il s'agit d'études de cas. On travaille donc dans la singularité et l'on peut toujours se poser la question de la généralité des résultats obtenus. L'auteur est d'ailleurs prudent dans les conclusions qu'il tire. Mais l'acuité de l'analyse est incontestable et ce que l'on sait par ailleurs sur les conditions d'apprentissage, les références théoriques et les travaux antérieurs, tout cela autorise des généralisations peu risquées.

J.-J. Dupin

---

**Collet G. (2000). *Langage et modélisation scientifique : « le verbe, levier de l'apprentissage »*. CNRS Éditions, collection Langage, 225 p.**

---

Il existe plusieurs lectures possibles de l'ouvrage que Gérard Collet propose aux éditions du CNRS. La première est de le considérer évidemment comme une contribution à la recherche en didactique (de la physique). Et, dans ce cas, la relation entre théorie langagière et recherche de solutions pour mieux transmettre des concepts de physique paraîtra, à certains lecteurs, un détour compliqué pour confirmer des principes de bon sens, ceux qui sont si souvent mis en avant par les maîtres les plus au fait de l'art d'enseigner.

Pour mesurer l'intérêt d'une recherche en didactique, il est nécessaire d'avoir au moins une idée de la complexité de la construction des démarches de recherche. Et non pas de la juger, trop hâtivement, en fonction de son applicabilité. Faute d'observer ces précautions, les résultats de la recherche en didactique ne paraissent jamais aussi amphigouriques et pompeux que lorsqu'ils contribuent à revêtir d'habits neufs des principes que le bon sens a intuitivement imposés comme des universaux. Il en est ainsi du fameux : « ce qui se conçoit bien s'énonce clairement ». On sait que cette idée, lorsqu'elle est défendue par les enseignants, conduit à des positions plutôt conservatrices et dont les conséquences, hélas, ne sont que trop connues. Privilégier l'acquisition d'un lexique univoque en corrigeant de façon obsessionnelle les maladresses d'expression ou, par la répétition, faire mémoriser des

savoirs déclaratifs parfaitement formulés ne sont probablement pas des solutions miracles pour améliorer l'enseignement des sciences.

Mais, avant de revenir en détail au rapport entre recherche en didactique et sciences du langage, mentionnons que d'autres lectures que celle-ci sont bien entendu envisageables : celle des didacticiens de la physique, ou celle qui approfondirait la relation entre la langue et la pensée pour revenir sur l'interrelation, selon la voie Vitgotskienne, entre ces deux entités dans l'apprentissage scolaire. Ou encore, celle qui discuterait de la relation entre concept, modèle et abstraction dans la logique dite formelle et que le maniement de la langue attesterait. Bref, en pointant cette multiplicité de lectures, nous soulignons évidemment la complexité et l'ambition de ce travail. Dans ce compte rendu, nous abandonnerons à d'autres le soin de rendre compte de ces facettes pour insister sur la dimension qui nous paraît la plus riche et originale du point de vue des sciences du langage.

Il est en effet particulièrement probant d'observer comment la recherche en didactique est enrichie quand elle intègre sérieusement les sciences du langage à la pratique d'enquête de terrain. Il est toujours intéressant qu'un scientifique accepte de prendre au sérieux la question de la langue et il est réjouissant que la production de discours dans la classe de sciences devienne un objet de recherche de plein droit. Une tradition, hélas encore bien ancrée, a rendu très fragiles les travaux de recherche en didactique qui utilisent la langue et les discours. Faute de connaissance sérieuse des théories linguistiques et de l'outillage des sciences du langage, ces travaux se contentent d'observations grossières, simplificatrices, voire absurdes quand, par exemple, le chercheur-didacticien propose des épreuves pour analyser les représentations ou leur évolution en travaillant à l'aide de notions autant intuitives que floues sur les « mots » des apprenants ou des listes qu'il construit lui-même.

Tel n'est évidemment pas le cas de cette recherche. Elle manifeste une connaissance approfondie de la littérature en sciences du langage et cette dernière est mobilisée avec beaucoup d'à propos et de créativité. On sait

qu'une très riche tradition d'analyse du discours scientifique prend appui sur les caractéristiques des langues dites de spécialité qui tendraient, comme Kocourek a tenté de le démontrer, à se construire comme des langues autonomes, réunissant des propriétés lexicales (les fameuses terminologies scientifiques) et syntaxiques qui les différencieraient de la langue naturelle.

Sans renier la validité linguistique de cette approche, Gérard Collet démontre que la langue scientifique ne peut pas prétendre au statut d'outil de communication dans les situations d'apprentissage. Non seulement, il est évident que tous les apprentissages scientifiques ne peuvent se dérouler dans une classe qu'en langue naturelle, mais plus encore, la polysémie que conserve la plupart des unités lexicales choisies pour désigner les concepts de la physique continue de fonctionner activement, au plan sémantique, dans la communication entre maître et élèves. Les concepts de la physique, du point de vue des élèves, conservent une diversité imprévisible de sens divergents. Pourtant, cette polysémie lexicale, démontre l'auteur, ne constitue pas un réel obstacle de la communication comme c'est déjà le cas dans les échanges spontanés de la vie de tous les jours. Le sens, en effet, dans les échanges, n'est pas seulement porté par les termes biunivoques choisis par l'un des deux interlocuteurs, mais il l'est tout autant par le co-texte, la syntaxe, voire par la situation de communication elle-même. C'est cette propriété que le didacticien prend en compte lors des activités méta-linguistiques que l'enseignant génère dans la classe.

Il ne sert à rien de déplorer ces décalages souligne l'auteur. D'autant que l'essentiel des échanges entre le maître (supposé utiliser la langue de la physique qu'il maîtrise) et les élèves est fait, non pas en maniant une langue ésotérique, mais par un ensemble de reformulations, en langue naturelle, des concepts scientifiques. Il convient, non de déplorer, mais plutôt de prendre appui sur cette polysémie. La présence préalable de sèmes non scientifiques dans le langage des apprenants peut devenir un allié si le maître parvient à générer des appariements harmonieux entre les définitions confuses et équivoques préalables et la seule et unique

qui convienne au concept que l'enseignant essaie de faire comprendre à l'apprenant. Loin de combattre la palette de formulations spontanées en langue naturelle, toute la stratégie que suggère Gérard Collet est de la mettre au jour pour inviter l'élève à transformer ou à renouveler celle-ci.

Certes, l'emphase mise ainsi sur la nécessaire clarté des énoncés scientifiques est probablement excessive. Elle repose sur un idéal-type de langue scientifique qui étonnerait probablement les scientifiques qui la produisent. L'étude de corpus de discours scientifiques ésotériques primaires (c'est-à-dire produits par des chercheurs d'une discipline exclusivement pour des pairs) ne permet pas de vérifier parfaitement la validité du paradigme d'une langue scientifique à la fois neutre, impersonnelle, syntaxiquement uniforme, sous-tendue en permanence par des précautions épistémologiques et totalement dépourvue d'ambiguïté.

Cette représentation est fort heureusement ici contrebattue par une vision plus nuancée et mieux informée du fonctionnement des langues et en particulier des échanges dans la classe. C'est ce qui fait regretter que des préoccupations plus prescriptives que théoriques, comme cela est souvent le cas dans les travaux en didactique, amoindrissent en partie la recherche. Prélevé dans sa propre pratique et son expérience d'enseignant, le corpus conserve un caractère impliqué et personnel qui relativise quelque peu la généralisation des résultats et de l'approche. Au passage, un tout petit reproche : la bibliographie est incomplète, voire erronée : l'année d'édition et le type des dictionnaires utilisés ne sont pas mentionnés ; certains des auteurs appelés dans le texte ne figurent ni en note de bas de page, ni dans la riche bibliographie de fin de volume.

Le fait qu'un physicien-linguiste s'approprie et mette en œuvre un appareillage linguistique cohérent et actualisé est en soi à encourager et de toutes façons à développer. Et ce d'autant plus que les linguistes, qui par le jeu de l'orientation de leurs études ont choisi les lettres, sont peu à l'aise avec les discours scientifiques. Ils manquent de repères et des pré-requis pour les analyser aussi habilement qu'ils ne le font pour les discours littéraires. Du coup, les recherches

de cette qualité sur les discours scientifiques demeurent largement sous-développées.

D. Jacobi

---

**GLAESER G. (1999). *Une introduction à la didactique expérimentale des mathématiques. Textes rassemblés et préparés par Bernard Blochs, Jean-Claude Régnier.* Grenoble, La Pensée sauvage, 231 p.**

---

Grâce au travail de mise en forme de Bernard Blochs et Jean-Claude Régnier, nous avons enfin une version aboutie du cours de didactique que Georges Glaeser a professé aux étudiants de la formation doctorale de Strasbourg – l'une des quatre existant dans la France des années quatre-vingts. L'ouvrage est, pour ceux qui ont connu son auteur, bien dans sa manière : engagé et passionné et le titre même a plus pour fonction de marquer une opposition que de définir un champ de pratiques. En effet la « Didactique Expérimentale » nomme sans doute le problème qui a poussé l'auteur, théoricien des mathématiques, à s'engager dans la voie de la recherche sur l'enseignement : la volonté d'offrir des moyens pratiques d'action aux professeurs qui ne peuvent tout inventer par eux-mêmes. Mais ce titre nomme aussi en négatif ce dont Georges Glaeser ne voulait à aucun prix et contre quoi il s'est engagé : un discours didactique abstrait qui en resterait aux considérations axiologiques. Il faut, plaide l'auteur à longueur de chapitre, craindre plus que tout le retour au discours pédagogique qui moralise au nom des bons principes. C'en est à un point tel que, par crainte de l'abstraction il s'est toujours opposé au mouvement de théorisation qui fait pourtant la spécificité des travaux didactiques de langue française et qu'il réussit la performance de ne pas nommer les travaux d'Yves Chevallard et de ses étudiants, dont les questions sont pourtant centrales dans les progrès actuels de la didactique des mathématiques, et de n'en citer que le moment initial, en passant.

L'ouvrage est construit comme une somme, désignée par les auteurs de la compilation comme « Un livre pour apporter un point de vue pionnier », encadrée d'une présentation

« La didactique des mathématiques dans la vie de Georges Glaeser », par François Pluvinage, son premier élève, et de quatre textes brefs en forme de témoignages, qui font contrepoint en permettant de situer l'ouvrage dans le contexte de sa production : « Un manifeste pour la didactique des mathématiques », par Guy Brousseau ; « Un point de vue de psychologue », par Gérard Vergnaud ; « Des problèmes et des situations problématiques », par Guy Noël ; « Réflexions sur l'œuvre du professeur Georges Glaeser en didactique des mathématiques » par Jesus Alarcon, Eugenio Filloy, Fernando Hitt.

Le corps du texte s'organise en cinq chapitres intitulés « La mathématique et son enseignement », « Racines historiques de la didactique des mathématiques », « Une théorie des situations didactiques (processus de courte durée) », « Une conception génétique (processus de longue durée) », « Épistémologie et didactique » et une conclusion. Il retrace bien le mouvement de pensée et le chemin intellectuel de l'auteur, depuis le constat de l'échec de la réforme moderniste des années soixante que Georges Glaeser analyse comme l'effet d'une conception bureaucratique de l'enseignement jusqu'aux développements auxquels vingt ans de travaux l'ont conduit. L'intérêt de l'ouvrage est ici, dans le problème que l'auteur soulève en déclarant que la théorie des situations vaut pour l'analyse des processus didactiques de courte durée mais que les processus de longue durée appartiennent à la construction psychologique des instruments de pensée et doit être pensée comme une genèse personnelle. Car pour Georges Glaeser, le problème de l'enseignement des mathématiques est celui du sens des pratiques mathématiques, qui ne devraient jamais sembler abstraites aux élèves. En piagétien convaincu, il propose de considérer que le développement des structures psychologiques doit être accompagné par l'enseignement, mais en mathématicien expert, il affirme que le développement de ces structures peut être poursuivi au-delà de la structuration fondamentale définie par Piaget et qui s'achève avec l'entrée dans l'adolescence. La clé de ce mouvement est, pour l'auteur, dans la poursuite du type de travail que mènent spontanément les enfants qui se

posent des problèmes sur le monde : ce qui demande que l'École leur propose des problèmes à étudier et qu'elle les choisisse de telle manière qu'ils accompagnent leur questionnement d'élèves.

On comprend alors l'opposition passionnée de l'auteur à l'idée même d'une approche anthropologique des phénomènes didactiques : il a pris position du côté des élèves et des professeurs. On comprend les critiques qui peuvent lui être faites : il parle au nom des professeurs et des élèves sans y être autrement autorisé que par le fait d'avoir été intensément l'un et l'autre. Et c'est en ce point que l'on peut formuler une critique à l'ouvrage : le rapport au réel des élèves, des professeurs et des classes de mathématiques qui s'expose ici est tout, sauf expérimental. Ce n'est pas le cas du rapport aux mathématiques, et « Le livre du problème » ou « Mathématiques pour l'élève-professeur » qui ont rendu célèbre Georges Glaeser sont là pour en témoigner. Mais les thèses dirigées par l'auteur ne semblent pas fonder son discours didactique et l'on se prend à regretter qu'il n'ait pas pu compléter son cours, riche d'observations historiques et de considérations épistémologiques, avec les éléments d'observation pratique dont il disposait sans doute.

A. Mercier

---

**PAGÉ J., BOISCLAIR G., MATHIEU R., (1998). *Guide des sciences expérimentales*. Bruxelles-Paris, De Boeck Université - collection sciences et méthodes, 199 p.**

---

Cet ouvrage de 200 pages, est destiné à aider les étudiants dans leur travail expérimental. Il a été écrit par des enseignants québécois du niveau CEGEP (équivalent du DEUG scientifique), mais peut accompagner les étudiants au delà de ce niveau. Il présente les méthodes et procédures les plus courantes pour mener à bien de bout en bout un travail scientifique expérimental, avec de nombreux exemples de biologie, chimie et physique, réalisant ainsi un décloisonnement entre les sciences, peu fréquent et appréciable, pour élargir la connaissance de méthodes chez les étudiants. Les six chapitres qui composent ce livre s'attaquent

aux différentes étapes de l'expérimentation, en faisant une large part aux données quantitatives (la mesure, les instruments, la représentation, l'exploitation), ainsi qu'à l'observation, à la démarche expérimentale, et à la présentation de rapports.

En premier lieu, plusieurs chapitres abordent l'évaluation et la prise en compte des incertitudes expérimentales, ce qui constitue un problème particulièrement délicat, dans un domaine en pleine évolution, où les chercheurs n'ont pas tous la même pratique. Les exemples sont nombreux, discernent soigneusement erreur et incertitude, précision et exactitude, précision de l'instrument et reproductibilité des résultats. Les exercices sur ces thèmes sont particulièrement soignés. Un paragraphe intéressant concerne les points dits aberrants et un autre guide l'étudiant de façon claire dans l'utilisation de l'ordinateur, à l'aide de logiciels classiques comme Excel®.

Bien que le traitement statistique de résultats non reproductibles soit évoqué dans le chapitre sur les stratégies expérimentales, on regrette que les méthodes présentées n'abordent pas l'utilisation de l'écart-type et des taux de confiance. C'est la notion d'étendue qui est omniprésente, et la propagation des incertitudes utilise les règles du calcul différentiel le plus « classique ». De la même façon, on trouve une définition et une utilisation détaillées des barres et rectangles d'incertitude, à propos de représentations linéaires. Mais la détermination des paramètres et de leur incertitude préconise le tracé de droites extrêmes à partir des rectangles d'incertitudes, sans aborder le problème de l'unicité de la « meilleure droite ».

Après les quatre chapitres consacrés à ces problèmes (Observer plus que regarder, calcul d'incertitude, présentation des observations et utilisations d'un graphique), un cinquième chapitre est consacré à « Stratégie expérimentale et analyse des résultats ». C'est là qu'une place est réservée aux résultats non reproductibles, aux méthodes de réduction de l'incertitude, aux comparaisons et conclusions qu'elles permettent, allant jusqu'au test d'hypothèse et de khi-deux. Ce chapitre est intéressant et on regrette la naïveté des trois premières

pages du livre, qui donnent en introduction une description et un schéma simplistes de «la» méthode scientifique. Plutôt que d'exposer rapidement, trop rapidement, la spécificité de la science, peut-être serait-ce plus utile de montrer aux étudiants, en conclusion, que ce n'est pas tâche facile. Enfin, un dernier chapitre se consacre à la «Rédaction d'un rapport de laboratoire». Là aussi l'organigramme est peut-être un peu schématique, mais les conseils et l'exemple qui est développé, tout à fait utilisables.

La présentation du livre est très soignée, avec des dessins et des schémas clairs. De nombreux encadrés permettent d'alléger la lecture, offrant la possibilité d'aller à l'essentiel avant de s'attarder sur une démonstration ou un exemple, toujours tiré de situations aptes à intéresser l'étudiant. Tous les chapitres proposent des exercices dont les corrigés sont donnés en fin de volume. De nombreuses qualités donc pour cette deuxième édition, que les étudiants devraient s'habituer, non seulement à travailler de façon linéaire, mais à feuilleter lors des travaux pratiques, à l'occasion de questions précises.

Cependant deux regrets à propos de cet ouvrage : comme on l'a dit plus haut, il ignore les méthodes actuelles de traitement de mesure, qui sont d'ores et déjà enseignées au niveau post-secondaire. Il ne facilitera pas l'accès des lecteurs, étudiants ou enseignants, à ces méthodes. De plus, on constate l'absence totale de références bibliographiques, particulièrement dans le domaine des incertitudes. Elles auraient pu orienter l'enseignant vers des résultats de recherche en didactique, ou vers des exemples d'applications professionnelles de ces notions, complexes, parfois soumises à des normes, et susceptibles d'évolution.

M.-G. Séré, D. Beaufiles

---

**SANDER E. (2000). *L'analogie du Naïf au Créatif. Analogie et Catégorisation*. Paris, L'Harmattan, 218 p.**

---

Dans sa préface, J.-F. Richard rappelle le rôle qu'ont joué l'enseignement et l'intelligence artificielle dans l'émergence des questionnements sur le fonctionnement de

l'analogie. Il met en évidence l'originalité du travail de E. Sander, qui renouvelle cette question en la rapprochant de la catégorisation et de la métaphore.

Dans le premier chapitre, E. Sander présente les travaux sur l'analogie réalisés en psychologie cognitive depuis 1980 dans le cadre des théories dominantes développées par Gentner et Holyak. Sont passées en revue de nombreuses recherches concernant l'influence de similitudes de surface et de structure sur deux « étapes » de l'analogie : l'accès à la source et la mise en correspondance entre source et cible. Est ensuite discutée l'influence de l'expertise et des connaissances préalables sur la source.

Le chapitre 2 permet à l'auteur de cerner les limites de ces théories et des procédures d'expérimentation qui leur sont associées. Présentation préalable d'une source, préexistence des représentations de la source et de la cible, symétrie de la mise en correspondance sont ainsi questionnées. Sont également mis en évidence quelques paradoxes liés aux définitions des traits de surface et traits de structure.

Le troisième chapitre, intitulé « Les sources de l'analogie », situe les travaux expérimentaux présentés dans les deux premiers chapitres par rapport à des situations plus « naturelles » de raisonnement par analogie. Ceci amène E. Sander à proposer une distinction entre sources épisodiques et sources familières. L'auteur fait ici appel à différents courants de recherche, travaux sur les modèles intuitifs, sur la métaphore, les remindings, pour mettre en évidence l'importance des connaissances antérieures et des sources familières dans la construction de la représentation d'une nouvelle situation.

Dans le chapitre 4, l'auteur examine quelques critères possibles de démarcation entre catégorisation et analogie :

- A. Analogie entre systèmes et situations spécifiques/catégorisation d'objets
- B. Activité de haut niveau-bas niveau
- C. Activité consciente/non consciente
- D. Découverte/utilisation de connaissances
- E. Circonscrit/omniprésent

Il met en évidence les limites de ces essais de démarcation et montre que des situations

présentées dans la littérature comme relevant de la catégorisation peuvent être considérées comme des situations d'analogie, et réciproquement.

Il revient ensuite, dans le chapitre 5, sur les relations entre métaphore et catégorisation et montre que la catégorisation n'est pas une activité aux contours aussi nets que le laisse entendre le point de vue classique, les différences entre analogie et catégorisation pouvant pour une part être considérées comme des artefacts liés aux paradigmes expérimentaux dans lesquels ces activités ont été étudiées. Il suggère alors, dans la suite des travaux d'Hofstadter, un continuum incluant la catégorisation et l'analogie et propose une organisation de ce continuum selon « l'amplitude du glissement conceptuel » ou encore selon « le degré d'enracinement ». Il propose enfin une nouvelle démarcation entre analogies directes « pour lesquelles la source permet de construire une première représentation de la cible » et analogies élaborées « pour lesquelles la première représentation de la situation se révèle non adéquate et où il est nécessaire de modifier la représentation (...) à partir d'autres sources que la source initiale ».

Le sixième chapitre s'intéresse à la première interprétation de la cible dans le cadre d'une analogie directe, « naïve ». E. Sander rappelle que cette étape n'existe pas dans les travaux classiques sur l'analogie. Il fait reposer l'accès à une source sur la prise en compte de traits saillants, traits de surface dont la pertinence dépend du contexte et de l'expertise du sujet. Il définit par ailleurs un niveau privilégié d'accès à la source, le « niveau de base ». Il montre alors que la construction de l'interprétation de la cible relève davantage de la catégorisation « qui permet d'attribuer un ensemble de propriétés à la cible » ou de « l'encodage de la situation cible dans les termes de la situation source » que d'une mise en correspondance de représentations préalablement élaborées de la source et de la cible.

Dans le septième et dernier chapitre, E. Sander s'intéresse à un aspect important de l'analogie, que le modèle usuel accès/mise en correspondance ne permet pas de traiter, et qui fait de l'analogie « un mécanisme clé

de la créativité », celui de la re-représentation. Ce travail sur la représentation de la cible s'appuie sur des essais de mise en correspondance à différents niveaux d'abstraction entre la source et la cible. Cette approche lui permet de « modéliser l'analogie comme un processus dynamique, débutant très tôt dans la construction d'une représentation de la cible à partir de quelques traits saillants élémentaires et faisant alterner accès et utilisation d'autres sources à des niveaux d'abstraction croissants pour construire l'analogie ». Sont ensuite présentés des travaux expérimentaux menés par l'auteur et validant cette approche des travaux plus anciens sont réinterprétés dans ce nouveau cadre.

La lecture de cet ouvrage me semble d'un très grand intérêt pour des didacticiens. En effet, l'analogie est au cœur de nombreux apprentissages, que ce soit de manière « naturelle », ou de manière plus contrôlée. On trouve dans la littérature didactique de nombreuses situations d'apprentissage reposant sur l'utilisation explicite d'analogies, en particulier dans l'enseignement de l'électrocinétique. Sans doute les travaux sur l'enseignement de modèles et les démarches de modélisation pourraient-ils également être éclairés par une telle approche.

L'ouvrage est clair, très bien écrit, d'une structure agréable ; je ne dirais pas que la lecture en est facile pour un non spécialiste, elle est par contre fort intéressante. Un didacticien sensibilisé à de telles questions mais sans culture spécialisée dans le domaine y trouvera un panorama riche et précis de travaux réalisés en psychologie cognitive, des questions et des perspectives éclairantes pour des travaux à venir.

M. Méheut